

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**ANÁLISIS EN LA VARIACIÓN EN CANTIDADES DE OBRA Y
PRESUPUESTO ENTRE LA METODOLOGÍA TRADICIONAL Y
METODOLOGÍA BIM, CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO DE
CARRERA DE ARQUITECTURA, UNACH**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL
MENCION ESTRUCTURAS**

**ROMMEL ALFREDO ANRADE SEVILLA
rommel.andrade@live.com**

**DIRECTOR: ING. JORGE RICARDO VINTIMILLA JARAMILLO, MSc
jorge.vintimilla@epn.edu.ec**

**CODIRECTOR: ING. HUGO JULIANNY LATORRE AIZAGA, MSc
hugo.latorre@epn.edu.ec**

Quito, Septiembre 2020

DECLARACIÓN

Yo, Rommel Alfredo Andrade Sevilla, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa vigente.

**ROMMEL ALFREDO
ANRADE SEVILLA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Rommel Alfredo Andrade Sevilla, bajo nuestra supervisión.

ING. JORGE VINTIMILLA J. MSc

DIRECTOR DE PROYECTO

ING. HUGO LATORRE A. MSc

CODIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A mi madre Janeth por su apoyo y amor incondicional.

A mi abuelita Carmen, mi segunda madre, siempre estaré eternamente agradecido por hacerme un hombre de bien.

A mi abuelo Julio, mi respeto y admiración.

A mis hermanos Galito y Katherine.

A mis tías y tíos, por sus ánimos para seguir adelante.

Al Ing. Jorge Vintimilla e Ing. Hugo Latorre por su guía y ayuda para la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

En memoria de Adriana y Galo.

CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA.....	IV
CONTENIDO	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT	XVI
CAPÍTULO I.....	1
1. GENERALIDADES	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.2.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	2
1.2.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	3
1.2.3 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	3
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
CAPÍTULO II.....	5
2. BIM: BUILDING INFORMATION MODELLING.....	5
2.1 HISTORIA DEL BIM	5
2.2 BIM EN EL ECUADOR.....	7

2.2.1	COMPAÑÍAS QUE IMPLEMENTAN BIM EN ECUADOR.....	8
2.3	BIM: BUILDING INFORMATION MODELLING.....	9
2.3.1	BEP, BIM EXECUTION PLAN.....	10
2.3.2	ROLES Y RESPONSABILIDADES	11
2.3.2.1	Equipos de trabajo de un proyecto BIM	12
2.3.2.2	Roles de un proyecto BIM.....	13
2.3.3	DIMENSIONES DEL BIM.....	15
2.3.3.1	Dimensión 1D- Idea	15
2.3.3.2	Dimensión 2D-Vector	15
2.3.3.3	Dimensión 3D-Modelo	15
2.3.3.4	Dimensión 4D-Planeación.....	17
2.3.3.5	Dimensión 5D-Control de costos.....	17
2.3.3.6	Dimensión 6D-Sustentabilidad.....	18
2.3.3.7	Dimensión 7D-Operación.....	19
2.3.4	INFORMACIÓN DEL MODELO	20
2.3.5	MODELADO BIM Y PROCEDIMIENTOS DE COLABORACIÓN	20
2.3.5.1	Modelado individual de la disciplina	21
2.3.5.2	Directrices de modelado para elementos BIM.....	22
2.3.5.3	División del modelo y estructura	22
2.3.5.4	Manejo de las revisiones.....	23
2.3.5.5	Coordinación cruzada de las disciplinas del modelo	23
2.4	METODOLOGÍA TRADICIONAL.....	25
2.4.1	INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN	28
2.4.2	ELABORACIÓN DE PLANOS DE CONSTRUCCIÓN	29
2.4.3	CANTIDADES DE OBRA	30
2.4.4	PRESUPUESTO	30
2.4.4.1	Métodos para elaborar presupuestos.....	31
	CAPÍTULO III.....	32

3.	DESARROLLO	32
3.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 2D	32
3.1.1	ARQUITECTÓNICO.....	32
3.1.2	ESTRUCTURAL.....	37
3.1.2.1	Cimentación.....	37
3.1.2.2	Loseta.....	37
3.1.2.3	Diafragmas	38
3.1.2.4	Columnas	39
3.1.2.5	Vigas.....	40
3.1.3	MECÁNICO, ELÉCTRICO Y PLOMERÍA, MEP	41
3.1.3.1	Mecánico	41
3.1.3.2	Eléctrico.....	42
3.1.3.3	Plomería	42
3.2	DESARROLLO DEL PROYECTO EDIFICIO CARRERA DE ARQUITECTURA APLICANDO BIM.....	44
3.2.1	MODELACIÓN 3D	46
3.2.1.1	Modelación arquitectónica	46
3.2.1.2	Modelación estructural.....	62
3.2.1.3	Modelación MEP.....	77
3.2.2	PLANIFICACIÓN 4D	85
3.2.3	PRESUPUESTO 5D	100
	CAPÍTULO IV	110
4.	ANÁLISIS METODOLOGÍA TRADICIONAL vs BIM.....	110
4.1	DOCUMENTACIÓN	110
4.1.1	ARQUITECTURA	110
4.1.2	ESTRUCTURA.....	111
4.1.3	CONTRA INCENDIOS	112
4.1.4	ELÉCTRICA.....	112

4.1.5	AGUA POTABLE - AGUA LLUVIA - AGUAS SERVIDAS.....	113
4.2	CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO	113
4.2.1	ARQUITECTURA.....	114
4.2.2	ESTRUCTURA.....	115
4.2.3	CONTRA INCENDIOS	116
4.2.4	ELÉCTRICAS	116
4.2.5	AGUA POTABLE	116
4.2.6	AGUAS LLUVIA.....	117
4.2.7	AGUAS SERVIDAS	117
4.3	BIM vs METODOLOGIA TRADICIONAL	129
4.4	LIMITACIONES	130
	CAPÍTULO V	132
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	132
5.1	CONCLUSIONES.....	132
5.2	RECOMENDACIONES	135
	ANEXO I Planos arquitectónicos.....	141
	ANEXO II Planos estructurales	142
	ANEXO III Planos contra incendios.....	143
	ANEXO IV Planos eléctricos	144
	ANEXO V Planos agua potable	145
	ANEXO VI Planos sanitarios.....	146
	ANEXO VII Planificación.....	147
	ANEXO VIII Análisis de precios unitarios.....	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Dimensiones del BIM	15
Figura 2.2. Propiedades de un elemento estructural	16
Figura 2.3. Programación Proyecto Edificio de Arquitectura de la UNACH	17
Figura 2.4. Simulación Costos vs Planeación	18
Figura 2.5. 6D Sustentabilidad	19
Figura 2.6. 7D Operación/mantenimiento.....	19
Figura 2.7. Versiones del modelo.....	21
Figura 2.8. Modelado individual por disciplina.....	21
Figura 2.9. Ejemplo división del modelo.....	22
Figura 2.10. Desarrollo de un proyecto aplicando metodología tradicional.....	27
Figura 2.11. Intercambio de información metodología tradicional	29
Figura 3.1. Planta estacionamientos arquitectónica N+0.00 m.....	33
Figura 3.2. Planta de subsuelo arquitectónica nivel N+4.60 m.....	34
Figura 3.3. Planta baja arquitectónica nivel N+8.00 m	34
Figura 3.4. Planta alta arquitectónica nivel N+11.24 m	35
Figura 3.5. Planta alta arquitectónica nivel N+14.48 m	36
Figura 3.6. Planta alta arquitectónica nivel N+17.42 m	36
Figura 3.7. Planta alta arquitectónica nivel N+20.96 m	36
Figura 3.8. Nivel de cimentación estructural	37
Figura 3.9. Armado típico de loseta estructural	38
Figura 3.10. Armado típico de diafragma estructural.....	38
Figura 3.11. a) Elevación y sección de columna canastilla-cimentación.....	b) Unión columna- cimentación..... 39
Figura 3.12. Sistema de vigas estructural	40
Figura 3.13. Tuberías red contra incendios.....	41
Figura 3.14. Circuito de fuerza (UPS)	42

Figura 3.15. Conexiones a aparatos sanitarios agua potable.....	43
Figura 3.16. Tubería de aguas lluvia y aguas servidas red sanitaria.....	44
Figura 3.17. Desarrollo del proyecto BIM.....	45
Figura 3.18. Unidades del proyecto	47
Figura 3.19. Colocar rejilla	47
Figura 3.20. Rejillas de un proyecto.....	48
Figura 3.21. Navegador de proyecto.....	48
Figura 3.22. Niveles.....	49
Figura 3.23. Pilar arquitectónico y estructural	50
Figura 3.24. Colocación de losa.....	50
Figura 3.25. Colocación de pilar	51
Figura 3.26. Colocación de muro	52
Figura 3.27. Colocación de una ventana.....	52
Figura 3.28. Colocación de una puerta	53
Figura 3.29. Cargar familia.....	54
Figura 3.30. Colocación de componente: silla.....	54
Figura 3.31. Gestionar vínculos	62
Figura 3.32. Agregar vínculos	63
Figura 3.33. Seleccionar vinculo	63
Figura 3.34. Configuración de elementos a vincular	64
Figura 3.35. Vinculación de elementos	65
Figura 3.36. Modelo arquitectónico y estructural.....	65
Figura 3.37. Eliminar vínculo.....	66
Figura 3.38. Finalización de coordinación.....	66
Figura 3.39. Colocación de vigas.....	67
Figura 3.40. Colocación de vigas 2.....	67
Figura 3.41. Colocación de zapatas.....	68
Figura 3.42. Diagrama de modelo MEP	77
Figura 3.43. Organización del navegador	78
Figura 3.44. Organización del navegador por disciplina.....	78
Figura 3.45. Navegador de proyectos. A) Vista todos B) Vista por disciplina	79

Figura 3.46. Duplicar vistas.....	79
Figura 3.47. Cambio de disciplina	80
Figura 3.48. 3D Plomería.....	80
Figura 3.49. Colocación de tubería	81
Figura 3.50. Parámetros compartidos	86
Figura 3.51. Editar parámetros compartidos	86
Figura 3.52. Parámetros de proyecto.....	87
Figura 3.53. Configuración de parámetros de proyecto.....	87
Figura 3.54. Propiedades de un elemento	88
Figura 3.55. Vista 3D para planificación 4D	89
Figura 3.56. Exportación de Revit a Navisworks	89
Figura 3.57. Modelo estructural exportado a Navisworks.....	90
Figura 3.58. Añadir archivo.....	91
Figura 3.59. Incorporación de modelos.....	91
Figura 3.60. Detección de colisiones	91
Figura 3.61. Configuración de detección de colisiones	92
Figura 3.62. A) Interferencia necesaria. B) Interferencia innecesaria	93
Figura 3.63. Importación de planificación.....	94
Figura 3.64. Selección de campos.....	94
Figura 3.65. Buscar elementos	95
Figura 3.66. Buscar elementos de igual tarea	95
Figura 3.67. Conjuntos.....	96
Figura 3.68. Enlazar automáticamente	96
Figura 3.69. Reglas de enlace automático	97
Figura 3.70. BIM 4D o planificación	97
Figura 3.71. Terminación de la cimentación.....	98
Figura 3.72. Inicio de losa N+4.60 m y estructura metálica	98
Figura 3.73. Colocación de mampostería, ventanas y puertas en niveles inferiores a nivel N+14.48 m.....	99
Figura 3.74. Edificio terminado	99
Figura 3.75. Selector de campo	101

Figura 3.76. Presupuesto.....101

Figura 4.1. BIM vs Metodología tradición.....118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Ejemplo de un proyecto en colaboración BIM	24
Tabla 3.1 Informe de inconvenientes arquitectura, ARQ 1	56
Tabla 3.2 Informe de inconvenientes arquitectura, ARQ 2	57
Tabla 3.3 Informe de inconvenientes arquitectura, ARQ 3	58
Tabla 3.4 Informe de inconvenientes arquitectura, ARQ 4	59
Tabla 3.5 Informe de inconvenientes arquitectura, ARQ 5	60
Tabla 3.6 Informe de inconvenientes arquitectura, ARQ 6	61
Tabla 3.7 Informe de inconvenientes estructura, EST 1	69
Tabla 3.8 Informe de inconvenientes estructura, EST 2	70
Tabla 3.9 Informe de inconvenientes estructura, EST 3	71
Tabla 3.10 Informe de inconvenientes estructura, EST 4	72
Tabla 3.11 Informe de inconvenientes estructura, EST 5	73
Tabla 3.12 Informe de inconvenientes estructura, EST 6	74
Tabla 3.13 Informe de inconvenientes estructura, EST 7	75
Tabla 3.14 Informe de inconvenientes estructura, EST 8	76
Tabla 3.15 Informe de inconvenientes estructura, PLOM 1	82
Tabla 3.16 Informe de inconvenientes estructura, PLOM 2	83
Tabla 3.17 Informe de inconvenientes estructura, PLOM 3	84
Tabla 3.18 Planificación por tareas	85
Tabla 3.19 Presupuesto 5D	102
Tabla 3.20 Presupuesto BIM Estructura	103
Tabla 3.21 Presupuesto BIM Arquitectura	104
Tabla 3.22 Presupuesto BIM Eléctrico	105
Tabla 3.23 Presupuesto BIM Sanitario	106
Tabla 3.24 Presupuesto BIM Contra incendios	107
Tabla 3.25 Presupuesto BIM Agua potable	108
Tabla 3.26 Presupuesto BIM Aguas lluvia	109

Tabla 3.27 Presupuesto Edificio de Arquitectura.....	109
Tabla 4.1 Comparación de presupuesto BIM-Tradicional, resumen	118
Tabla 4.2 Comparación de presupuesto BIM-Tradicional, disciplina arquitectura.....	120
Tabla 4.3 Comparación de presupuesto BIM-Tradicional, disciplina estructura.....	121
Tabla 4.4 Comparación de presupuesto BIM-Tradicional, disciplina contra incendios....	123
Tabla 4.5 Comparación de presupuesto BIM-Tradicional, disciplina eléctrica	124
Tabla 4.6 Comparación de presupuesto BIM-Tradicional, disciplina agua potable	125
Tabla 4.7 Comparación de presupuesto BIM-Tradicional, disciplina aguas lluvia.....	127
Tabla 4.8 Comparación de presupuesto BIM-Tradicional, disciplina aguas servidas.....	128
Tabla 4.9 Cuadro comparativo	129

RESUMEN

El presente proyecto técnico compara dos metodologías de trabajo utilizadas en la construcción, la metodología tradicional y BIM en el Edificio de la Carrera de Arquitectura, ubicado en el Campus “Master Edison Riera” de la Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba-Ecuador.

La metodología usada fue un análisis comparativo entre metodología tradicional y BIM del edificio de Arquitectura con un enfoque en cantidades de obra, presupuesto y planificación. Para ello se usaron guías internacionales como Guía de usuarios BIM, Protocolo de Singapur, esBIM, lineamientos básicos de cursos privados tomados, entre otros.

Se comienza con una reseña de la evolución del BIM y su participación en el Ecuador, así como una descripción de los conceptos básicos para la aplicación de BIM en un proyecto. Además, se describe la metodología tradicional de manera general usada en el país. Luego se describe el proyecto de construcción y se desarrolla la modelación 3D BIM en el programa computacional, posteriormente se realiza un estudio comparativo entre la documentación, se calcula las cantidades de obra, se analiza precios unitarios para la generación de presupuesto y conjuntamente se ejecuta una planificación con ambas metodologías.

La finalidad de realizar un análisis comparativo entre las dos metodologías es para conocer si la aplicación de BIM en un proyecto representa ventajas o no para su aplicación en un futuro tanto en el ámbito privado como en el público.

Palabras clave: Metodología tradicional, BIM, modelado de información para la construcción, presupuesto, cantidades de obra, planificación, BIM 3D, BIM 4D, Building Information Modeling

ABSTRACT

The present technical project compares two work methodologies used in construction, BIM and traditional methodology at Architecture Career Building, located on “Master Edison Riera” Campus of National University of Chimborazo, Riobamba-Ecuador.

The methodology used was a comparative analysis between traditional methodology and BIM at Architecture building with a focus on work quantities, budget and planning. For this, international guides were used such as BIM User Guide Spanish Chapter, Singapore Protocol, esBIM, basic guidelines of private courses taken, among others.

It begins with an overview of evolution BIM and its participation in Ecuador, as well a description of basic concepts for application BIM in a project. In addition, traditional methodology generally used in the country is described. Then the construction project is described and 3D BIM modeling is developed in computer program, then a comparative study is carried out between the documentation, work quantities are calculated, unit prices are analyzed for generation a budget and jointly a planning with both methodologies.

The purpose of conducting an analysis between two methodologies is to know whether the application of BIM in a project represents advantages or not for its application in the future, both in the private and public spheres.

Work keys: Traditional methodology, BIM, Building Information Modeling, budget, quantities work, planning, BIM 3D, BIM 4D.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La realización de un proyecto de construcción comprende diferentes etapas; diseño, programación, construcción, fiscalización y dentro de ellas están inmiscuidas diferentes disciplinas que deben estar totalmente sincronizadas para que el proyecto tenga éxito, mientras más compleja sea la obra, más ingenierías intervendrán, por lo que se requiere de una previa planeación y planificación minuciosa de estrategias que permitan alcanzar la culminación del proyecto sin contratiempos, inconvenientes o fallas de ingeniería, pero la realidad en nuestro medio es otra, la sincronización entre las diferentes ingenierías es pobre, por no decirlo deficiente, cada ingeniería desarrolla su parte del proyecto de manera aislada, generando inconvenientes y conflictos durante las diferentes etapas del proyecto, a esto se denomina metodología tradicional. (Maya, 2018)

Unos de los errores más comunes que implica la utilización de la metodología tradicional es la inconsistencia entre diseños y dibujos, dicha documentación no suele guardar relación entre lo redactado en la memoria técnica y los planos dibujados, mucho menos entre una ingeniería y otra. (Encalada, 2016)

Este error si no fue detectado a tiempo durante la etapa de diseño, se reflejará durante la etapa de construcción del proyecto y generará un error de interferencia espacial y cronológica, para resolverlo se rediseña, aumentando las cantidades de obra, costos, personal e incluso a cambiar el cronograma de trabajo, generando retrasos y encareciendo el proyecto. (Nieto, 2016)

De igual manera, el esfuerzo adicional causado por cambios de diseño, provocan que el trabajo anteriormente elaborado no pueda ser reutilizado, al igual que dibujos, cálculos de cantidades de obra y demás documentos, ya que todo debe rehacerse. (Acuña, 2016)

Otro error que presenta la metodología tradicional es la alta variabilidad en cantidades de obra entre lo calculado y ejecutado, (Caparó, 2016) que puede ser causado por errores de documentación o error humano en el cálculo de cantidades de obra. Para calcular el ingeniero necesita de la experticia y tiempo necesario para la lectura de planos y realizar los cálculos necesarios. (Acuña, 2016)

Entonces, si las cantidades obra son incorrectas, el presupuesto referencial también lo será, entregando al cliente una información errónea y en caso de una licitación no se podría ser lo suficientemente competentes para ganarla.

1.2 JUSTIFICACIÓN

1.2.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

BIM es el acrónimo en inglés de Building Information Modeling o modelado de información para la construcción, se define como un conjunto de herramientas, procesos y tecnologías que producen una documentación de forma digital de la edificación (Eastman, Sacks, Liston, & Teicholz, 2011), mediante la utilización de software dinámico de modelado de edificios en 3D y en tiempo real; que incluye geometría del edificio, espacio, referencia geográfica, cantidades, propiedades del elemento y otras características que el usuario desee añadir dependiendo del tipo de proyecto, así se evita perder tiempo y recursos valiosos en correcciones durante las etapas de diseño y construcción. (Nieto, 2016)

Su característica más destacada se basa en abarcar varias áreas de trabajo como arquitectura, ingeniería civil, eléctrica, electrónica, mecánica en un solo modelo paramétrico y dinámico (Maya, 2018), así se puede evaluar el estado del proyecto en sus diferentes etapas como diseño, programación, construcción, mantenimiento, renovación o demolición. (Autodesk Inc, 2018)

Para esta modelación se utilizará el software Revit 2019 con Licencia Educativa, el cual brinda la integración del modelo arquitectónico, modelo estructural, modelo Mecánico, Eléctrico y Plomería o MEP en un solo paquete, de esta manera se puede extraer información del modelo en cualquier instante del ciclo del proyecto y tomar decisiones acertadas para su correcta elaboración. (Autodesk Inc, 2018)

1.2.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El tratamiento de la metodología se centra en el análisis de la marca que genera BIM en el cálculo de cantidades de obra, elaboración de presupuestos y planificación en proyectos de construcción, de cara a la metodología tradicional. Por lo que se plantea realizar una modificación a la metodología tradicional en base a la elaboración de un modelo BIM, para el estudio y unificación de la información del proyecto, obtención de cantidades de obra, actividades y elaboración del presupuesto. (Porras, Sánchez, Galvis, Jaimez, & Castañeda, 2015)

1.2.3 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El avance de la tecnología en la construcción al momento permite ser más eficiente, eficaz y sostenible durante todas las etapas del proyecto, pero se puede ir más allá, la metodología BIM puede mejorar todo aquello, pero como toda tecnología nueva se debe demostrar que es funcional, y para ello se debe empezar a romper las barreras. (Kivits & Furneaux, 2013)

El presente trabajo pretende aplicar la metodología BIM en un proyecto de construcción, para determinar si permite mejores estimaciones y reduce el tiempo en el cálculo de cantidades de obra, en la elaboración de presupuestos y planificación ante la metodología tradicional, lo que beneficiaría a diseñadores, constructores, fiscalizadores, empresas inmobiliarias, dueños de proyectos y a toda la industria de la construcción en general, al evitar cambios de diseño, costos imprevistos y ampliaciones de plazos que pueden ser eliminados durante la fase de diseño o planificación en lugar de ser corregidos durante la etapa de construcción.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la variabilidad en cantidades de obra y presupuesto entre la metodología BIM y la metodología tradicional del Edificio de la Carrera de Arquitectura de la UNACH, ubicado en el Campus "Master Edison Riera".

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un modelo paramétrico arquitectónico, estructural y MEP del proyecto de edificación para uso académico, mediante software de modelado 3D; metodología BIM, en base a planos 2D; metodología tradicional.
- Obtener las cantidades de obra generadas mediante la metodología BIM y contrastarla con las obtenidas mediante la metodología tradicional.
- Elaborar un presupuesto en base a las cantidades de obra obtenidas mediante la metodología BIM y cotejarla con las obtenidas mediante la metodología tradicional.
- Establecer la versatilidad de la metodología BIM al disminuir el tiempo en cálculo de cantidades de obra y presupuesto.
- Realizar un análisis cualitativo y cuantitativo entre la metodología tradicional y la metodología BIM.

CAPÍTULO II

2. BIM: BUILDING INFORMATION MODELLING

2.1 HISTORIA DEL BIM

No existe una línea clara de tiempo de la creación del BIM, así que podría decirse que su inicio fue el producto de una serie de avances tecnológicos desarrollados por diferentes empresas que competían entre si a lo largo del tiempo en el que se trabajó, investigó y desarrolló programas computacionales, posteriormente colaboraron agencias gubernamentales y privadas, así BIM pasó de una idea a materializarse luego de un tiempo. A continuación, una línea del tiempo del desarrollo del BIM.

1963. Ivan Sutherland como parte de su tesis doctoral crea Sketchpad. (Sutherland, 1963)

1975. Charles Eastman plantea que las secciones y plantas se pueden obtener de un modelo 3D y desarrolla el Sistema BDS o Building Description System. (Eastman, 1975)

1982. Nace AutoCAD de Autodesk. (Autodesk Inc, 2018)

1982. Fundación Graphisoft para crear ArchiCAD por Gabor Bojar. (Nemetscheck Company, 2019)

1984. Nemetscheck lanza su programa computacional Allplan. (Nemetscheck Company, 2019)

1985. Nace PseudoStation por Bentley. (Bentley System, 2019)

1985. Aparece al mercado VectorWorks con MiniCAD. (Nemetscheck Company, 2019)

1994. Se crea International Alliance of Interoperability o IAI, para desarrollar aplicaciones integradas y crean el primer archivo IFC, Industry Foundation Classes; archivo que permite el intercambio de información entre diferentes plataformas. (Choclán, Soler, & Gonzáles, Introducción a la metodología BIM, 2014)

1997-2000. Leonald Raiz e Irwin Jungreis fundan Charles River Software inicio de Revit. (Autodesk Inc, 2018)

2003. Plantea el programa nacional 3D-4D-BIM en Estados Unidos, en colaboración con General Services Administration (GSA), Public Buildings Service (PBS) y Office of Chief Architect (OCA). (Choclán, Soler, & Gonzáles, 2014)

2007. GSA pone como requerimientos mínimos el modelo tridimensional para obtener la aprobación final para todos los proyectos importantes que reciben financiación a partir del 2007 y posteriores. (Choclán, Soler, & Gonzáles, 2014)

2008. Países Bajos, Finlandia, Estados Unidos, Noruega y Dinamarca suscriben “Statement of intent to support Building Information Modeling with Open Standards” para promover el openBIM y mejorar la interoperabilidad entre plataformas. (Martin-Dorta, Gonzales de Chaves-Assef, & Roldán Mendez, 2014)

2011. En Reino Unido, Cabinet Office escribe el Plan Nacional para el empleo del BIM, se establecen como objetivo llegar a un nivel 2 BIM en 2016. (Choclán, Soler, & Gonzáles, 2014)

2012. Building Smart publica Common BIM Requirements (COBIM) en Finlandia, describe los requerimientos para construcciones nuevas y de renovación incluyendo la gestión del proyecto. (Choclán, Soler, & Gonzáles, 2014)

2012. Building and Construction Authority (BCA) publica su guía BIM para Singapur; plantea su uso obligatorio para arquitectura a partir del 2013 en instalaciones y estructuras en 2014. (Choclán, Soler, & Gonzáles, 2014)

2012. Se funda Building Smart Spanish Chapter en España. (Choclán, Soler, & Gonzáles, 2014)

2014. La Autoridad de Hong Kong espera la aplicación de BIM en ese año en todos sus proyectos. (Martin-Dorta, Gonzales de Chaves-Assef, & Roldán Mendez, 2014)

2016. Reino Unido llega al Nivel 2 de BIM y Europa revela la consolidación de EU BIM Task Group, formado por catorce miembros de la administración pública de estados miembros para concentrar y alinear esfuerzos de los diversos países europeos. (BIMCommunity, 2016)

2018. Unión Europea exige BIM en todos los proyectos que se usen fondos públicos. (Ramírez, 2018)

2019. Chile plantea la aplicación de BIM en el sector público con el PlanBIM en el 2020. (Planbim, 2019)

Cada año más países se suman a la metodología BIM y para ello forman comités o alianzas con países experimentados en el campo del BIM, para la creación de guías adaptables a la realidad local. Esta serie de eventos indica que se debe empezar inmediatamente con la creación de una guía o iniciar un capítulo BIM nativo para el Ecuador, con ayuda de la experiencia de otros países y de la comunidad BIM se puede lograr.

2.2 BIM EN EL ECUADOR

Actualmente en Ecuador no existe ninguna normativa, legislación o protocolo para la aplicación del BIM, por lo que gran parte de la ingeniería se realiza de manera tradicional, es decir cada ingeniero desarrolla su diseño de manera lineal y aislada, por consecuencia existen discrepancias en la documentación, adicionalmente la falta de tiempo no permite una revisión profunda y coordinación para detectar interferencias o corregir problemas entre ingenierías previo a la ejecución de la obra.

Por esta razón es imperativo empezar a desarrollar una normativa BIM propia, basada en nuestra realidad. (Maya, 2018) realiza un análisis de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública, LONSNCP y concluye que: ... “aunque existen criterios básicos, no se regula la incorporación de nuevas metodologías en procesos de diseño y de construcción y de la misma forma no existen apartados que regulen los aspectos de la presentación de documentos, al igual que sus formatos y extensiones” ... En otras palabras, la relación BIM con el Estado es voluntaria y libre de ejecutarla.

Sin embargo, la empresa privada al ver las ventajas del BIM ha empezado a utilizarlo en sus proyectos de construcción, este progreso es lento ya que para poner en marcha BIM se necesita capacitar a los involucrados en el proyecto y adquirir la tecnología necesaria, esto genera un costo adicional a la empresa, y muchas no están en condiciones de costear la puesta en marcha del BIM.

En Ecuador existen distintos programas computacionales que permiten la aplicación BIM mediante archivos IFC, pero debido a que el usuario limita el potencial del programa para trabajar colaborativamente no se genera BIM, sin obtener el máximo beneficio que esto representa.

2.2.1 COMPAÑÍAS QUE IMPLEMENTAN BIM EN ECUADOR

Cada día más compañías quieren usar BIM en sus proyectos, ya sean proveedores, diseñadores o constructores. Los proveedores crean objetos BIM o familias del producto a comercializar, las cuales se pueden descargar de forma gratuita y legal de la página web de la compañía o de un repositorio web. Los diseñadores usan las familias en un programa computacional para generar los modelos BIM y posteriormente los planos de construcción. Los constructores tienen la posibilidad de gerenciar y planificar mejor sus construcciones al prever los materiales, mano de obra y maquinaria requerida para la construcción. Ahora se presenta algunos ejemplos de compañías ecuatorianas que implementan BIM.

PLASTIGAMA.

El fabricante de conexiones y tuberías plásticas Plastigama, Mexichem Ecuador presentó 1 de agosto de 2019 sus Librerías BIM-Plastigama, en esta primera fase las familias desarrolladas fueron: Sanitaria Premium, Polipropileno Roscable; Termomax (Polipropileno por Termofusión), Tanques, PVC Roscable y Espigo Campana. (Revista Gestión, 2019)

Su principal motivo para el desarrollo de las familias fue la ausencia de estas en la localidad, aunque Revit cuenta con una librería propia de tubería y accesorios con estándares norteamericanos, esos tipos de tuberías y accesorios no se distribuyen en el Ecuador. En su página web oficial, Plastigama ofrece las familias BIM para la descarga y una serie de tutoriales para su implementación en Revit. (Plastigama Wavin, 2019)

SEMAICA.

SEMAICA, Sevilla y Martínez Ingenieros C.A desde sus comienzos han utilizado tecnología de punta siendo una de las primeras compañías de construcción en Ecuador en utilizar BIM en sus proyectos, estando siempre la vanguardia, capacita a sus técnicos para que todos se familiaricen con el uso de la plataforma BIM. (Revista Inhaus, 2018)

SIKA.

Otra compañía que ofrece familias BIM para la construcción es SIKA, familias para impermeabilización, pavimentos, techos, suelos, que se puede descargar gratuitamente desde su página web oficial al igual que videos tutoriales para su implementación e información sobre SIKA y BIM. (Grupo Sika, 2015)

Existen más compañías y estudios de arquitectura que ya aplican BIM en Ecuador y este número es creciente cada año, pero se debe señalar que es una pequeña fracción del universo de compañías y consultorías existentes en el país, por otro lado es notable resaltar como la industria de la construcción en el país quiere ir a la punta con la tecnología más nueva y para ello se está preparando con capacitaciones técnicas al personal de trabajo, creando familias de sus productos, adquiriendo programas computacionales y recursos tecnológicos, de esta manera las compañías pueden ser más productivas, competentes y generar menos desperdicio en la construcción.

2.3 BIM: BUILDING INFORMATION MODELLING

BIM es el acrónimo en inglés de Building Information Modeling o modelado de información para la construcción, se define como un conjunto de herramientas, procesos y tecnologías que producen una documentación de forma digital de la edificación (Eastman, Sacks, Liston, & Teicholz, 2011), mediante la utilización de software dinámico de modelado de edificios en 3D y en tiempo real que incluye: geometría del edificio, espacio, referencia geográfica, cantidades y propiedades de cada elemento y otras características que el usuario desee añadir o quitar dependiendo del tipo de proyecto, de esta manera se optimiza tiempo y recursos valiosos durante las etapas de diseño que se verá reflejada en la etapa de construcción. (Nieto, 2016)

Una de sus características más destacada se basa en poder abarcar varias áreas de trabajo como arquitectura, ingeniería civil, eléctrica, electrónica, mecánica en un solo modelo paramétrico y dinámico (Maya, 2018), así se puede evaluar el estado del proyecto en sus diferentes etapas como diseño, programación-costos, construcción, mantenimiento, renovación o demolición. (Autodesk Inc, 2018)

Otra característica destacada del BIM es su facilidad para el trabajo colaborativo, permitiendo el acceso a documentación del ciclo de vida del proyecto, ya que los programas computacionales utilizados generan una base de datos accesible para todos los agentes en cualquier instante del proyecto. (Gosalves, et al., 2016)

Una adecuada aplicación del BIM aumenta sustancialmente la calidad de los proyectos, mejorando el área técnica de la arquitectura e ingeniería y permitiendo un análisis costo-beneficio al crear diferentes escenarios analizando la factibilidad del proyecto, reduciendo riesgos y brindando un producto de calidad a un menor costo. (Gosalves, et al., 2016)

La metodología BIM se puede aplicar a cualquier tipo de proyecto ya sea de obra civil, edificación, rehabilitación, cambios de uso, restauración de edificios, mantenimiento, etcétera independientemente de su tamaño o complejidad. (Maya, 2018)

Países como Reino Unido, Australia, Finlandia, Canadá, EEUU, Noruega y otros utilizan BIM desde hace algunos años, tanto en el sector público como en el privado, permitiendo ahorrar dinero en costos y en tiempos de ejecución, pues mejora la capacidad de gerenciar la obra, proporciona mayor eficacia en mantenimientos y una fiscalización más ordenada. (Maya, 2018)

La coordinación de la información producida durante la fase de redacción del proyecto es más ágil contribuyendo a obtener una información fiable y coherente siempre actualizada en tiempo real durante todo el ciclo de vida del proyecto. (Gosalves, et al., 2016)

BIM es perfectamente adaptable, a tal grado que se puede acoplar a metodologías y tecnologías tradicionales, siempre y cuando, se documente minuciosamente y se llegue a un acuerdo entre las partes. En realidad, esto es algo que sucede a menudo en proyectos que implementan BIM. (Gosalves, et al., 2016)

2.3.1 BEP, BIM EXECUTION PLAN

BIM Execution Plan o BEP por sus siglas en inglés puede traducir como Plan de Ejecución BIM. Este se desarrolla en las primeras etapas del proyecto y describe la visión general y los detalles de implementación del proyecto. BEP ayuda a los

agentes involucrados en el proyecto a documentar los procesos y entregables BIM y también a definir los roles y responsabilidades de cada agente. El establecer un BEP ayuda a:

- Entender los objetivos para la implementación de BIM en el proyecto.
- Establecer roles y responsabilidades.
- Diseñar un proceso para que los agentes participen en la implementación.
- Facilitar un plan de referencia para calcular el avance durante el proyecto.

Un BEP debe contar con:

- Información del proyecto.
- Objetivos y usos.
- Roles y responsabilidades de cada agente.
- Proceso y estrategia BIM.
- Protocolo de intercambio BIM y formato de presentación.
- Requisito de información BIM.
- Procesos de colaboración y método para manejar los modelos compartidos.
- Control de calidad
- Tecnología.

Se puede agregar información adicional para facilitar la incorporación de nuevos agentes. La actualización del BEP está a cargo del Promotor o Cliente y del Director de Proyecto BIM. (Seng, Wah, & Poh, 2013)

2.3.2 ROLES Y RESPONSABILIDADES

Durante un proyecto BIM, es necesario definir los roles y las responsabilidades que tienen cada miembro para una correcta ejecución e intercambio de información del mismo, en “Definición de roles en procesos BIM”, (Choclán, et al., 2017), recalca que: no es un documento de uso obligatorio de cumplimiento, normativa ni imperativo. Es un documento de orientación y recomendación para el entorno de trabajo al usar BIM.

Para lograr la gestión de un proyecto aplicando BIM primero se crea un equipo, en el cual se definen los roles y responsabilidades de cada uno en el BEP, los

mismos que se pueden adaptar dependiendo del proyecto, su organización y su ciclo de vida, enlistados a continuación:

- La gestión del proyecto BIM debe ser llevada por todos los miembros del equipo de trabajo.
- Un rol puede tener más de un miembro del equipo de trabajo.
- Un miembro del equipo de trabajo puede tener más de un rol.
- Cada miembro del equipo de trabajo debe ser lo suficientemente competentes para realizar su rol.
- Los miembros del equipo de trabajo deben tener autoridad para desempeñar su rol.
- Los roles pueden ir de una actividad a otra durante el proyecto BIM.

El documento propone equipos de trabajo que intervienen durante el ciclo de vida del proyecto. El equipo de trabajo va a depender de la fase en desarrollo y del tipo del proyecto a ejecutarse.

2.3.2.1 Equipos de trabajo de un proyecto BIM

Los equipos propuestos por las guías esBIM pueden ser:

- Equipo del Promotor (EP).
- Equipo de Gestión del Proyecto (EGP).
- Equipo del Diseño del Proyecto (EDP).
- Equipo de Construcción (EC):
 - Equipo de Dirección de Construcción.
 - Equipo de Producción.
- Equipo de Post construcción:
 - Equipo de Operación y Mantenimiento (EOM).
- Post Construcción.
 - Equipo de Demolición.
 - Equipo de Reutilización.
 - Equipo de Reciclaje.

2.3.2.2 Roles de un proyecto BIM

Esta es una propuesta hecha por esBIM (Choclán, et al., 2017), lógicamente pueden aumentar o disminuir dependiendo del tipo de proyecto.

- Promotor o cliente.

Persona natural o jurídica que dispone el inicio y financiamiento de un Proyecto BIM, contrata al Equipo de Gestión de Proyecto, para que forme parte del entorno colaborativo.

- Director de Proyecto BIM.

Pertenece al Equipo de Gestión de Proyecto y es la persona designada por el cliente para encabezar, ejecutar y lograr los objetivos planteados del equipo de trabajo, cumpliendo las expectativas del cliente.

- Director de la Gestión de la Información.

Controla y gestiona el vaivén de información entre todos agentes involucrados en el proyecto BIM. Debe garantizar que la información esté disponible de forma y manera adecuada, así como en el momento oportuno.

- Director Técnico BIM.

Nombrado por el Equipo de Gestión del Proyecto en cualquier fase del proyecto con la aprobación del Cliente. Se responsabiliza de la calidad digital y contenidos, coordina todos los modelos con todos los agentes involucrados, debe asegurarse de una adecuada integración de los modelos entre si con mirada al proyecto BIM de forma global.

- Director de la Gestión del Diseño.

Administra el diseño, incluye la aprobación y desarrollo de información, confirma los resultados del diseño al Equipo del Diseño del Proyecto. Aprueba y firma documentación para coordinar el diseño de detalles antes de compartirse. Él y el Director de la Gestión de la Ejecución son enlaces entre el Equipo del Diseño del Proyecto y Equipo de Construcción, además coordina las entregas de diseño.

- Director de la Gestión de la Ejecución.

Administra la ejecución con sistemas BIM, aprueba y desarrolla información, confirma la ejecución al Equipo de Construcción, firma y aprueba documentos para coordinar la ejecución antes de compartirse. Enlace entre Equipo del Diseño del Proyecto y Equipo de Construcción.

- Director del Equipo de Trabajo.

Encargado de la producción del diseño y elementos relacionados.

- Coordinador BIM.

Coordina el trabajo dentro de una misma disciplina para cumplir lo solicitado por el Director Técnico BIM, revisa la calidad del modelo BIM y su compatibilidad con las demás disciplinas.

- Modelador BIM.

Responsable del modelo siguiendo los criterios BEP.

- Otros profesionales BIM:

- Analista BIM.
- Coordinador CAD.
- Director Técnico CAD.
- Facilitador BIM.
- Programador de aplicaciones BIM.
- Especialista IFC.
- Consultor BIM.

(Choclán, et al., 2017)

2.3.3 DIMENSIONES DEL BIM

Los procesos de un proyecto desde su inicio hasta su final, junto con los autores y usuarios que van a trabajar y coordinar para la ejecución final, se dividen en siete dimensiones. Ver figura 2.1.



Figura 2.1 Dimensiones del BIM

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

2.3.3.1 Dimensión 1D- Idea

En esta dimensión nace la idea del proyecto y con ello otros procesos para su puesta en marcha; estudios previos, estudios de mercado, estimaciones, estudios de viabilidad. Esta serán las bases para llevar a cabo en un futuro el proyecto, para diseñarlo, modelarlo, ejecutarlo y mantenerlo. (García, 2019)

2.3.3.2 Dimensión 2D-Vector

Al igual que en un proyecto básico se realizan trabajos y estudios para su desarrollo, esto permitirá avanzar en el cálculo y diseño. La estimación de materiales a usarse, pre-dimensionamiento de los elementos estructurales y una estimación de costo sobre el proyecto. (García, 2019)

2.3.3.3 Dimensión 3D-Modelo

Un modelo 3D es aquel que permite realizar recorridos, presentaciones o renders, detección de colisiones, hacer simulaciones, corregir posibles errores. (García, 2019)

Dentro del modelo los elementos no estructurales, estructurales y decorativos poseen información detallada, por ejemplo: factura, proveedores, modelo de fábrica y su lugar exacto en el proyecto. Se puede agregar, modificar o quitar información al proyecto o elementos de ser necesario. La función del modelo es representar la información de un diseño y por el mismo medio obtener información integrada. (Maya, 2018)

Dentro del modelo se crean vistas, planos de construcción, materiales y todos los detalles necesarios para la ejecución del proyecto. En la figura 2.2, se puede observar dentro del modelo en general existe un elemento zapata rectangular con una ubicación específica, propiedades e información del elemento.



Figura 2.2. Propiedades de un elemento estructural

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

2.3.3.4 Dimensión 4D-Planeación

Esta dimensión analiza la planificación de la obra y los trabajos necesarios para llevar a cabo el proyecto, se realiza una simulación del tiempo requerido para cada una de las etapas, de esta manera se tiene una visualización global del proceso constructivo mediante diagramas de Gantt o gráficas, también se usan programas computacionales, animaciones e incluso videos. (García, 2019)

Estos datos al vincularse con efectos visuales permiten al equipo de trabajo ver como se construye el proyecto y como cada elemento es colocado en su lugar según lo planeado, de ser el caso se puede sugerir cambios en el diseño o en la metodología de construcción, permitiendo minimizar errores en obra y optimizar tiempo y recursos.

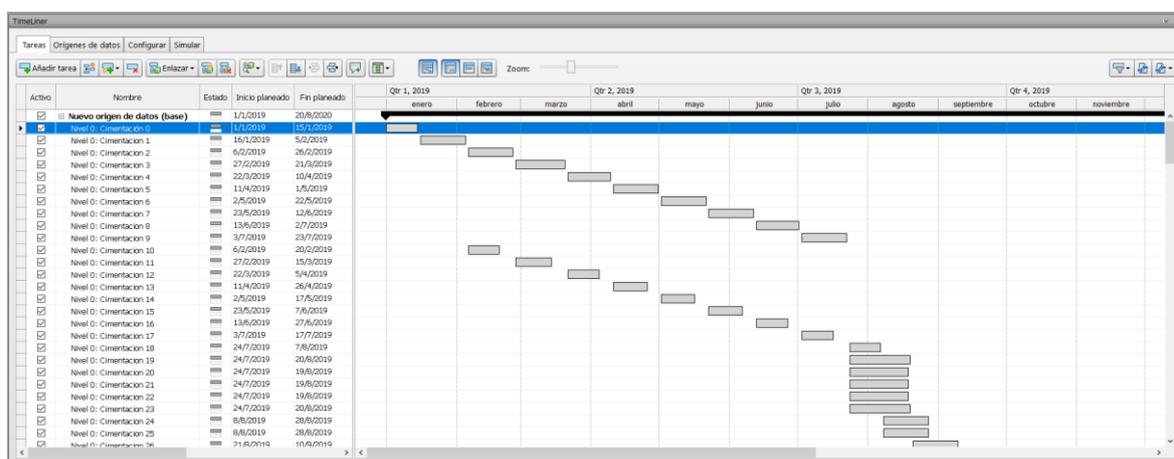


Figura 2.3. Programación Proyecto Edificio de Arquitectura de la UNACH

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

2.3.3.5 Dimensión 5D-Control de costos

Involucra los costos y estimaciones de gastos del proyecto. Busca una mejora en la rentabilidad del proyecto, simulando costos de todas las etapas se puede controlar el flujo del dinero usando programas computacionales. (García, 2019)

El modelo 3D se vincula con la dimensión 5D, un cambio, modificación o incorporación de algún elemento en el modelo, se verá reflejado en una variación automática del presupuesto, esto permite tener más precisión en costos y optimizar los recursos en el proceso.

Un análisis de la dimensión 5D, provee información importante y actualizada de costos, dicha información puede ser utilizada para la suposición de diferentes escenarios económicos que puede atravesar el proyecto.

Existen en el mercado diferentes programas compatibles que ayudan a la generación de presupuestos, se enlazan directamente con el modelo tridimensional, junto con algunas configuraciones adicionales, se puede automatizar el proceso.

En la figura 2.4 se aprecia una simulación en Navisworks de costo-planeación del Edificio de Arquitectura de la UNACH, en la que detalla el día trabajado y el costo estimado de la obra para dicho tiempo.

lunes 14:36:00 16/9/2019 día = 259 Semana = 37 Costo=405628.96

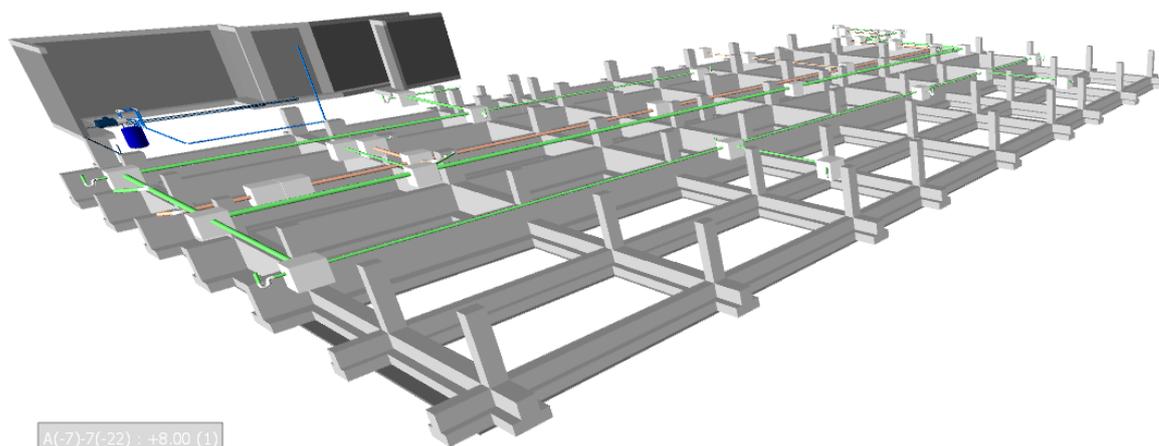


Figura 2.4. Simulación Costos vs Planeación

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

2.3.3.6 Dimensión 6D-Sustentabilidad

Comportamiento energético y sustentabilidad o Green BIM. Esta dimensión analiza el consumo de energía y la gestión de los recursos, recopila y entrega información que permitirá seleccionar técnicas de construcción, materiales adecuados y tipo de consumo, para optimizar el consumo de energía reduciendo el impacto al ambiente ver figura 2.5 más adelante. (Maya, 2018)



Figura 2.5. 6D Sustentabilidad

Fuente: (Virtual Building Studio, 2020)

2.3.3.7 Dimensión 7D-Operación

Gestiona el ciclo de vida del proyecto, control logístico, operación y mantenimiento del proyecto. Ayuda a crear cronogramas para inspecciones, reparaciones y mantenimiento programado, de esta manera se puede detectar fallas en el funcionamiento y mejorar áreas, permitiendo un ahorro en tiempo y dinero. (Maya, 2018)

En la figura 2.6 se puede apreciar la componente bomba con su respectivo manual de operación, datos, detalles, garantía del producto y un enlace con información del fabricante, esta información ayuda a los operarios a realizar una mejor operación, mantenimiento y reparación.

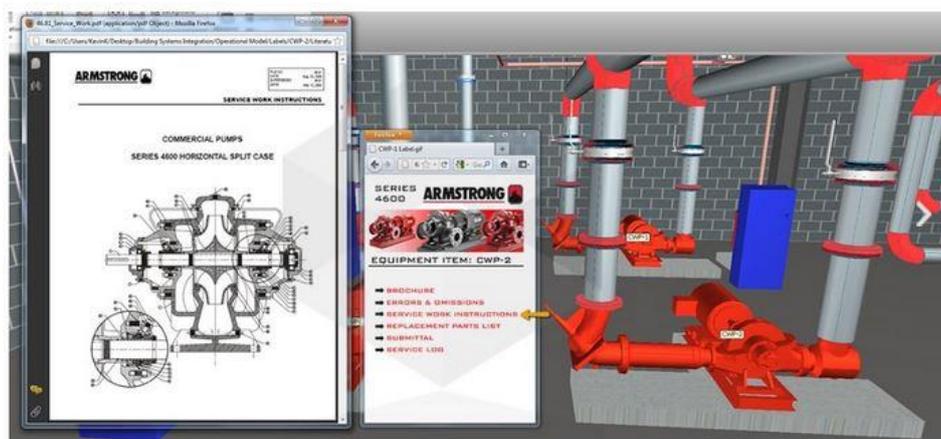


Figura 2.6. 7D Operación/mantenimiento

Fuente: (Virtual Building Studio, 2020)

2.3.4 INFORMACIÓN DEL MODELO

Dentro del modelo BIM se puede encontrar toda la información requerida para la construcción, que puede estar en forma de archivos, enlaces, documentos anexos, imágenes, etcétera. Esta información es agregada por el modelador de cada especialidad y puede abarcar algunas características como: geometría del objeto, material, costo, datos físicos, operación, mantenimiento, factura, reparación, entre otros. (Gosalves, et al., 2016)

La gestión de información puede realizarse usando diferentes herramientas informáticas que extraen información del modelo, gestionan y la cargan de vuelta al modelo. La eficiencia y seguridad de este procedimiento radica en la automatización. La interoperabilidad entre las diferentes herramientas asegurará este tipo de proceso. (Gosalves, et al., 2016)

Toda información que se cargue al modelo se deberá hacer de manera organizada como establecen los estándares nacionales y/o internacionales, de ese modo se garantiza la totalidad en el intercambio de información del conjunto y partes del modelo. Para garantizar un claro proceso de transmisión de la información, se puede seguir los formatos Open BIM y una estructuración adecuada de la misma. Se puede combinar BIM con sistemas de información y comunicación, así se contribuye a transparentar la información entre los diferentes agentes involucrados en el proyecto. (Gosalves, et al., 2016)

Algunos de los formatos más utilizados para el intercambio de información son IFC o COBie. La creación de este tipo de formato fue para facilitar la interoperabilidad entre los diversos programas informáticos obteniendo una misma línea de trabajo y cumplir la visión Open BIM, cabe mencionar que una interoperabilidad entre diversos programas informáticos es compleja, debido a que cada programa desarrolla un código distinto. Al usar un solo formato se ahorra tiempo y comunicación. (Maya, 2018)

2.3.5 MODELADO BIM Y PROCEDIMIENTOS DE COLABORACIÓN

En este apartado se define como crear, compartir y gestionar el modelo BIM durante todo el proyecto. Por lo general un proceso BIM empieza por la creación del modelo, coordinarlo y establecer el intercambio de datos con los diferentes

equipos. Acerca de la resolución de problemas detectados durante cada hito del proyecto se guarda una versión del mismo y se libera para su uso. (Seng, Wah, & Poh, 2013)

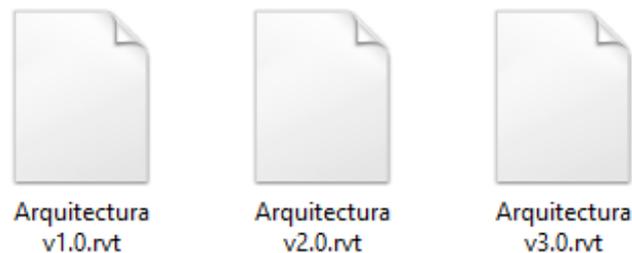


Figura 2.7. Versiones del modelo

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

2.3.5.1 Modelado individual de la disciplina

En esta fase cada modelador concibe el modelo encargado en base al BEP acordado. El modelo es almacenado y trabajado por el equipo de trabajo de cada disciplina, ya que aún no ha sido revisado y verificado para su uso fuera del equipo. Para garantizar la calidad del modelo, los autores en cada disciplina deben seguir los requisitos mínimos del modelado durante la implementación del proyecto BIM. (Seng, Wah, & Poh, 2013)

La siguiente imagen es un ejemplo del modelo separado en tres partes, en el cual el archivo de Agua Potable es realizado por un ingeniero sanitario, el archivo Arquitectura hecho por un arquitecto y el archivo Estructura creado por un ingeniero civil.

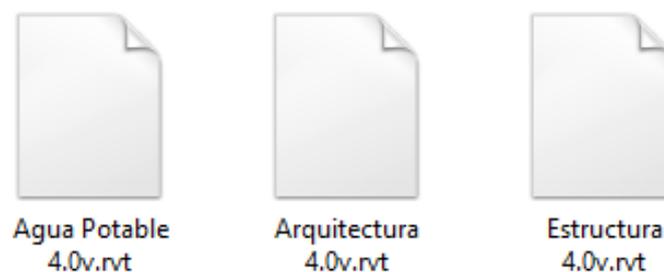


Figura 2.8. Modelado individual por disciplina

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

2.3.5.2 Directrices de modelado para elementos BIM

Seng, Wah, y Poh, 2013 establecen directrices de modelado para elementos BIM importantes en las diferentes etapas del proyecto, estas directrices las agrupa por: Modelo Arquitectónico, Modelo Estructural y Modelo MEP.

En general cada elemento se modelará en concordancia con su tamaño, forma, ubicación, orientación y cantidad. Usualmente durante las primeras fases del proyecto, las propiedades de los elementos son más genéricas y aproximadas, pero conforme el proyecto avanza el nivel de detalle también, por lo que se vuelve más específico y preciso.

2.3.5.3 División del modelo y estructura

Dependiendo del tamaño del edificio y/o la fase del proyecto, puede ser necesario dividir el modelo en partes separadas, zonas o niveles. Esto debe ser acordado y documentado por el equipo de modelado lo antes posible. (Seng, Wah, & Poh, 2013)

En la figura 2.9 se ve como un Modelo Estructural es dividido en tres partes: Estructura Hormigón; relacionado con elementos estructurales de hormigón armado, Estructura Metálica; vinculado con elementos estructurales de acero estructural y Estructura Cimentación; ligado a elementos para cimentaciones.

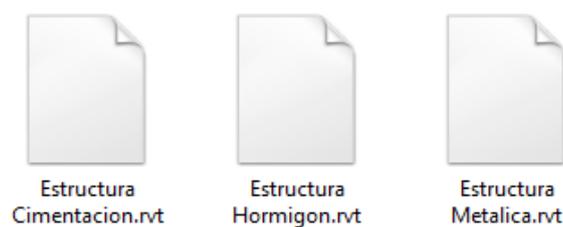


Figura 2.9. Ejemplo división del modelo estructural

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

2.3.5.4 Manejo de las revisiones

El modelo se desarrollará rápidamente durante las fases del proyecto. Los cambios deben ser seguidos y documentados, en especial cuando el modelo se divide en paquetes más pequeños y manejados por diferentes agentes. (Seng, Wah, & Poh, 2013)

Existen varios programas que ayudan a los autores y usuarios BIM a administrar y monitorear los cambios en el diseño. Los autores y usuarios BIM deben trabajar con sus respectivos proveedores BIM para familiarizarse con el uso de los programas, para que los cambios en el diseño se puedan gestionar de una forma más efectiva. (Seng, Wah, & Poh, 2013)

El coordinador BIM de cada disciplina podría hacer la función de llevar un registro detallado de la información más reciente incorporada al modelo. Ellos deben trabajar en estrecha colaboración con el administrador BIM para coordinar la versión del modelo compartido o intercambiado. (Seng, Wah, & Poh, 2013)

2.3.5.5 Coordinación cruzada de las disciplinas del modelo

Los miembros del proyecto deben compartir sus modelos con otros miembros del proyecto a intervalos regulares para tener referencia. En ciertas fases se deben coordinar los diferentes modelos de las disciplinas, esto permite a las partes involucradas resolver conflictos potenciales por adelantado, evitar trabajos costosos mal hechos y demoras en la etapa de construcción. Antes de coordinar los modelos, cada uno de estos deben ser verificados, aprobados y validados como “apto para la coordinación”.

Es recomendable que el Equipo de Gestión del Proyecto, planifique un flujo de coordinación de alto nivel, en la tabla 2.1 más adelante se muestra las interacciones entre el cliente y los miembros del proyecto. (Seng, Wah, & Poh, 2013)

Tabla 2.1

Ejemplo de un proyecto en colaboración BIM

	Empleador	Arquitecto	Consultoría Ingenieros	Contratista/inspectores de cantidad
Diseño conceptual	Proporcionar requisitos relacionados con la forma, la función, costo y cronograma	Comienza el modelo preliminar de diseño con conceptos de masa y consideraciones del sitio	Proporcionar comentarios sobre las metas y requisitos iniciales de rendimiento del edificio	Proporcionar comentarios sobre el costo inicial de construcción, cronograma y capacidad de construcción *
Diseño esquemático	Proporcionar revisión de diseño y para refinar aún más los requisitos de diseño	Se refina el modelo de diseño con los nuevos aportes de los ingenieros consultores y el gerente de construcción	Proporcionar modelos esquemáticos, análisis e iteraciones del sistema a medida que el modelo de diseño continúa desarrollándose	Proporcionar una revisión del diseño y comentarios continuos sobre costo, cronograma y capacidad de construcción *
Diseño en detalle	Revisiones de diseño. Aprobación final del diseño del proyecto y las métricas.	Continúa el refinando del modelo de diseño. Introduce los modelos de los consultores y realiza la coordinación del modelo	Crear modelos y análisis de diseño específicos de disciplina	Crear modelos de construcción para simulación, coordinación, estimaciones y cronograma *
		Finalización del modelo de diseño, documentos y especificaciones de licitación, cumplimiento del código reglamentario	Finalizar los modelos de diseño específicos de cada disciplina, documentos y especificaciones de licitación, cumplimiento de códigos	Mejorar el modelo de construcción y realizar la estimación final y el cronograma de construcción, gestionar el proceso de licitación
Construcción	Supervisar la construcción y dar su opinión sobre los cambios y problemas	Responde a la construcción de contratos, administrar el modelo de diseño con cambios	Responder a los requisitos de construcción y actualizar los modelos de diseño específicos de cada disciplina, condiciones de campo y puesta en servicio	Gestionar la construcción con subcontratistas y proveedores, informar cambios al modelo de diseño
As-built		Verificación de modelo "As-built"	Verificación el modelo "As-built"	Preparar de modelo "As-built"
Gestión de instalaciones	Involucrar al arquitecto y al grupo de instalaciones para la entrega	Coordinar el intercambio de información a través del modelo al grupo de instalaciones	Preparar la documentación de entrega	

Nota: * Aplicable a proyectos de diseño y construcción donde el contratista principal es designado en la etapa de diseño conceptual.

Fuente: (Seng, Wah, & Poh, 2013)

El equipo del proyecto podría aprovechar las soluciones de programas disponibles para realizar una coordinación efectiva. Se recomienda el uso de una plataforma común para reducir la posibilidad de pérdida de datos o errores al compartir diferentes modelos. Los problemas que surgieron de la coordinación se deberán documentarse y seguirse. (Seng, Wah, & Poh, 2013)

Las discrepancias descubiertas durante el proceso de coordinación deben registrarse, gestionarse y comunicarse a los propietarios de modelos a través de informes de coordinación, incluyendo la ubicación específica de interferencias y las resoluciones sugeridas. (Seng, Wah, & Poh, 2013)

Se recomienda guardar y cerrar la sesión de una versión revisada del modelo después de resolver los problemas identificados durante el ejercicio de coordinación. Una firma digital se puede considerar como efecto de protección. (Seng, Wah, & Poh, 2013)

2.4 METODOLOGÍA TRADICIONAL

La metodología tradicional de construcción, llamada así por ser la metodología familiarizada para trabajar en la industria de la construcción y para poder diferenciarla del BIM. La metodología tradicional tiene diferentes formas de proceder, dependiendo de la compañía y del país en que se encuentre.

En la practica la metodología tradicional es lineal, esto quiere decir que se debe esperar a que una ingeniería este hecha para continuar con otra. Se pudo determinar cuatro etapas que intervienen en la mayoría de proyectos y se describe a continuación.

La primera etapa, ver figura 10, el proyecto tradicional arranca con la idea o necesidad a satisfacer del cliente, quien contrata a un arquitecto o un estudio de arquitectura para la elaboración arquitectónica del proyecto, una vez aprobado el diseño arquitectónico por el cliente, hecho las correcciones y modificaciones necesarias en el diseño, se elabora una documentación técnica de arquitectura de primera versión.

Ahora las riendas del proyecto pasan al ingeniero estructural, quien se encarga de diseñar una estructura que sea lo suficientemente resistente basándose en los diseños arquitectónicos. Si en el transcurso del diseño estructural se encuentran

dificultades o inconvenientes que el ingeniero estructural no pueda resolver; problemas constructivos, por ejemplo, es necesario un cambio en el diseño arquitectónico, entonces, se necesita coordinar una reunión entre el cliente, el arquitecto y el ingeniero estructural, para poder llegar a un consenso entre todos y continuar con el proyecto. En este punto se genera una segunda versión de la documentación técnica de arquitectura que deberá contener todas las modificaciones solicitadas y una primera versión de la documentación estructural.

De igual manera el ingeniero eléctrico, sanitario y mecánico reciben los planos arquitectónicos primera versión, base para avanzar en el desarrollo de sus diseños. Se tiene una primera versión de la documentación técnica mecánica, eléctrica, y sanitaria.

Si por alguna razón volviese a existir alguna dificultad entre la arquitectura y las ingenierías, se debe volver a revisar los diseños y coordinar una solución satisfactoria que involucre el menor cambio posible.

Ahora los rediseños y documentaciones técnicas muchas de las veces se pueden reutilizar, caso contrario se debe hacer una documentación nueva. Los nuevos planos acarrearán un retrabajo para los ingenieros y sus asistentes, invirtiendo más horas hombre en el proyecto haciendo que su precio suba.

Segunda parte, una vez revisada y terminada los diseños definitivos de arquitectura e ingenierías, se procede a calcular cantidades de obra en base a los planos y se realiza un análisis presupuestario referencial del proyecto, con base en este análisis el cliente determina la viabilidad del proyecto.

Hasta aquí el proyecto tiene complicaciones manejables, pero si el proyecto es una obra de gran envergadura, los diseños son más complicados y elaborados, un simple cambio en cualquiera de los diseños involucraría cambio en los demás, lo que conllevaría a volver a rehacer documentaciones técnicas, planos y cálculos necesarios para terminar el diseño.

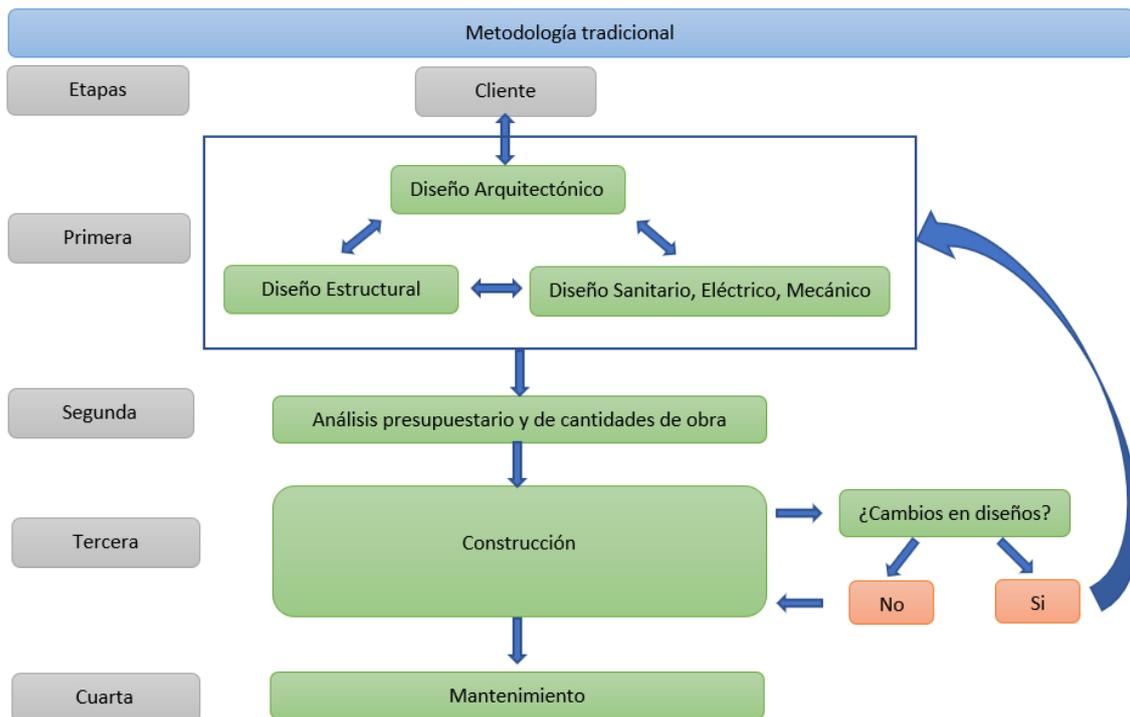


Figura 2.10. Desarrollo de un proyecto aplicando metodología tradicional

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

La tercera parte consta de la construcción del proyecto, que puede estar a cargo de los mismos diseñadores o por contrato a una compañía constructora. Si está a cargo de los diseñadores, estos tienen un conocimiento más profundo acerca del proyecto y las modificaciones en los diseños pueden hacerlas en cualquier momento, pero si la construcción está a cargo de una compañía constructora, esta debe tener pleno conocimiento del proyecto y en caso de necesitar algún cambio en el diseño debe hacerla con la autorización de los diseñadores. Y si quedó alguna duda en la resolución del diseño, se aplica una frase popular *“En obra vemos”*.

Conforme avanza la obra quien construye va detectando errores de interferencia espacial o cronológica, que deben ser resueltos algunas de las veces de manera inmediata, si estos errores no se detectaron a tiempo pueden llegar a ser muy costosos, encareciendo el proyecto.

La cuarta parte consta del mantenimiento y operación. Muchas de las veces el mantenimiento ni siquiera es tomado en cuenta o es considerado, pero no ejecutado, razón por la cual los proyectos disminuyen su vida útil, por ejemplo, las carreteras en nuestro país. En cuanto a la operación, por lo general el operario se guía por su experiencia.

2.4.1 INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN

Durante el desarrollo de los diseños del proyecto, el intercambio de información es uno de los aspectos más importantes que se debe dar entre los diseñadores, generalmente se dialoga en reuniones de área técnica, por correo electrónico, teléfono, teleconferencias, cualquier tipo de comunicación es válido, aun así, la comunicación entre los técnicos es deficiente. Adicionalmente el acceso a la información es impedido al no estar centralizada en una base de datos de libre acceso, por ejemplo: si un diseñador requiere la información de otra área de técnica, no puede acceder libremente a ella debido a que debe solicitarla al diseñador a cargo, retrasando la entrega de diseños.

Cada especialidad involucrada en el proyecto entrega una memoria técnica y planos de construcción por lo general en formato CAD, procesadores de texto, hoja electrónica de cálculo o pdf en los que se detalla las especificaciones técnicas, materiales, detalles constructivos, planillas y normativa usada para la elaboración del diseño. Esta documentación servirá en un futuro para la ejecución del proyecto.

A continuación, se puede observar el intercambio de información utilizado en la metodología tradicional, este esquema puede variar y va a depender de la forma de trabajo de los ingenieros o compañía. En la figura 2.11 se observa la linealidad que ocurre en el intercambio de información entre los diferentes diseñadores.

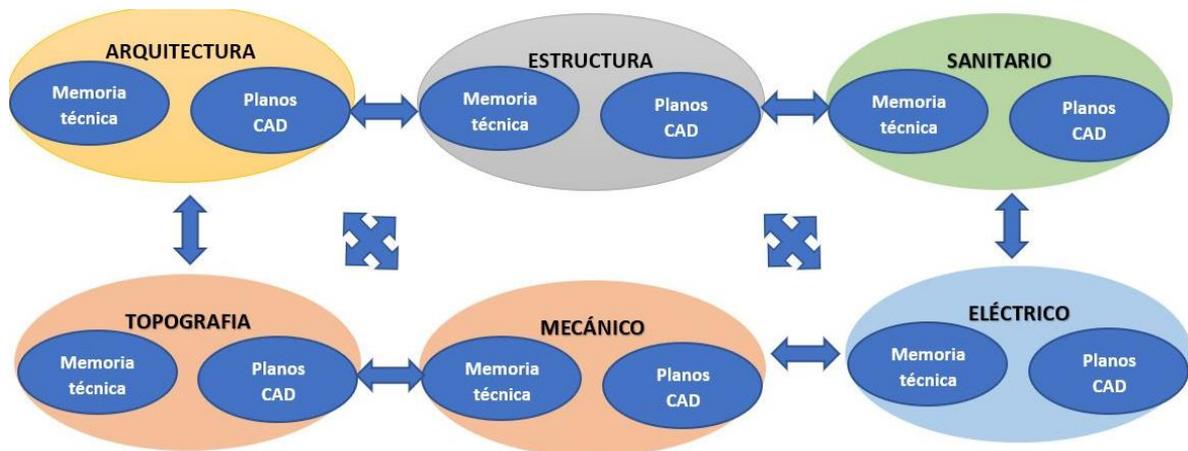


Figura 2.11. Intercambio de información metodológica tradicional

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

2.4.2 ELABORACIÓN DE PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

Como parte del diseño se desarrollan planos de construcción que poseen información de: detalles constructivos, vistas, alzados, fachadas, materiales, normativa, planillas y de más detalles necesarios para la ejecución de la obra. Cada disciplina creará un juego de planos, usualmente se realizan en CAD, siendo AutoCAD® el programa computacional de diseño asistido por computador más utilizado para su creación.

Este trabajo por lo general es realizado por dibujantes que en la mayoría de los casos son estudiantes afines a la disciplina de arquitectura e ingeniería y trabajan bajo la vigilancia de un supervisor, quien es el ingeniero a cargo del diseño. En ocasiones la supervisión puede pasar por alto algunos detalles de dibujo y esto repercute en la ejecución de la obra.

El formato de presentación de los planos de construcción varía de ingeniería a ingeniería y de persona a persona, debido a que cada diseñador ha creado un formato distinto, pero con los datos necesarios para su aprobación municipal.

2.4.3 CANTIDADES DE OBRA

Para calcular las cantidades de obra de los elementos a colocar en el proyecto, se usan los planos de construcción finales, esta medición se realiza de forma manual o usando AutoCAD® como ayuda, más una hoja de cálculo electrónica, para obtener áreas, volúmenes y distancias de correas, losas, muros, por ejemplo.

El ingeniero debe tener la experticia necesaria en su área de trabajo, tiempo suficiente y concentración, para obtener dichas cantidades de obras lo más exacto posible.

La metodología utilizada debe ser capaz de extraer la información de los planos de construcción de manera ordenada, y si fuese el caso, permita revisarla, controlarla o modificarla de ser necesario. Y de ser el caso, a falta de detalle en el plano, anotar las suposiciones usadas. El procedimiento referencial es el siguiente:

1. Identificación de la unidad de medida del rubro.
2. Diagramación del rubro.
3. Realizar una lista de materiales.
4. Cuantificar los materiales.
5. Convertir unidades.

2.4.4 PRESUPUESTO

La elaboración de un presupuesto puede realizarse en cualquier etapa del proyecto de construcción, pueden ser usados tanto para licitaciones públicas como privadas. Dicha elaboración puede ser realizada por un consultor: persona natural o jurídica, diseñador, ingeniero de costos.

En base a las cantidades de obra calculadas anteriormente, se procede a obtener los costos unitarios de cada rubro, los análisis de precios unitarios se los hace en una hoja de cálculo o se utiliza un programa. Las cantidades de obras deben estar acorde con los rubros en la unidad o se debe realizar la conversión necesaria.

Cada rubro puede tener materiales, precios de maquinaria, equipo, e incluso de mano de obra diferentes a otros oferentes, ya que para su elaboración depende del criterio y experiencia en costos del ingeniero.

2.4.4.1 Métodos para elaborar presupuestos

1. Presupuesto comparativo.

- Usado cuando se tiene poca información en la etapa inicial del proyecto.
- Se basa en proyectos anteriores semejantes, usa información histórica.
- Su precisión en base a la realidad es entre -25% a +40%.

2. Presupuesto del metro cuadrado.

- Se usa cuando el proyecto es preliminar o intermedio.
- Se basa en datos históricos.
- Necesita información del total del área a ser construida.
- Usa diferentes índices: de ubicación, población, temperatura etcétera.
- Su precisión en base al precio real es entre -15% a +25%.

3. Presupuesto paramétrico.

- Usado cuando los diseños se encuentran entre un 10% y 35%.
- La presupuestación se la hace en actividades: arquitectura, estructura, eléctrica, mecánica, etcétera.
- Tiene una precisión -10% a 15% del presupuesto real.

4. Presupuesto de cubicaje.

- Para este tipo de presupuesto, se divide en actividades cada vez mas pequeñas en lo posible.
- Se computa los precios unitarios y se multiplica por la cantidad cubicada.
- El avance de planos de construcción debe estar en un 75%.
- Su precisión esta entre -7.5% a +10% del valor real del presupuesto.

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 2D

El caso de estudio es el Edificio de Arquitectura de la Universidad Nacional de Chimborazo, UNACH. Ubicado en el Campus “Master Edison Riera”, salida a Guano, Riobamba.

Cuenta con seis plantas más una planta de estacionamientos ubicado en el nivel N+0.00 m, su altura total es 24.20 m, con un área de construcción de 6,277.18 m². El edificio es de estructura metálica con losas de hormigón armado, cuenta con red de agua potable, red eléctrica, red sanitaria y red contra incendios. El inmueble estará equipado con aulas, oficinas, áreas de exposición, cafetería, laboratorios, talleres, servicios higiénicos y bodegas.

En los próximos puntos se expone con mayor detalle el contenido de los planos arquitectónicos, estructurales, eléctricos, plomería y mecánico usados para la modelación 3D del edificio.

3.1.1 ARQUITECTÓNICO

Para mayor detalle los planos arquitectónicos de la edificación se encuentran en el ANEXO I. La distribución arquitectónica por niveles del Edificio de Arquitectura es la siguiente:

- Estacionamientos N+0.00 m.

El edificio cuenta con ochenta plazas de estacionamientos para vehículos y cuatro plazas de estacionamientos preferenciales, cuarto de máquinas, cuarto de utilería y ascensor. Una escalera en la parte delantera permite subir al nivel N+4.60 m al igual que una rampa ubicada en la parte posterior del edificio. Tanto los ingresos como las salidas vehiculares están ubicadas al costado del edificio, permitiendo el desplazamiento de los conductores a lo largo del campus. Área de construcción de 173.12 m². Ver figura 3.1.

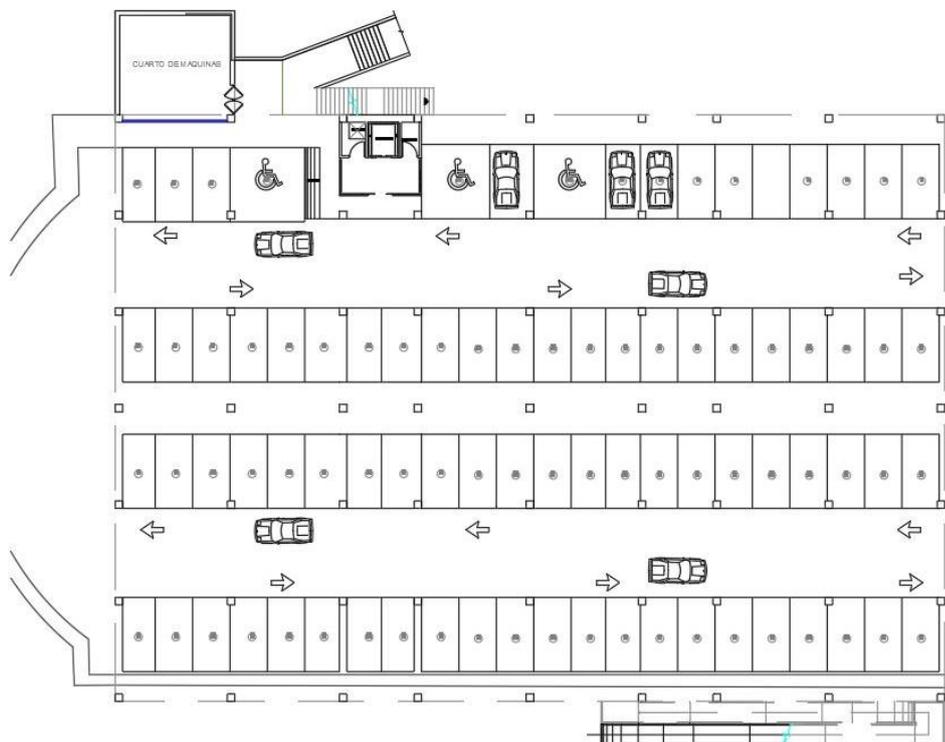


Figura 3.1. Planta estacionamientos arquitectónica N+0.00 m

Fuente: Vintimilla, 2015

Elaboración: Ferrer, Ruiz y Chavez, 2014

- Planta N+4.60 m.

La planta de subsuelo cuenta con nueve aulas, área de mesas de trabajo, área de exposiciones, cafetería, papelería, servicios higiénicos y cuarto de utilería. Área de construcción de 2,103.33 m². Como se aprecia en la figura 3.2.

- Planta baja N+8.00 m.

La planta baja posee: lobby, oficinas administrativas, cubículos para docentes, una sala de uso múltiple, cuarto de utilería, bodega, cabina, lobby, taller y servicios higiénicos. Área de construcción 1,311.71 m². Ver figura 3.3.

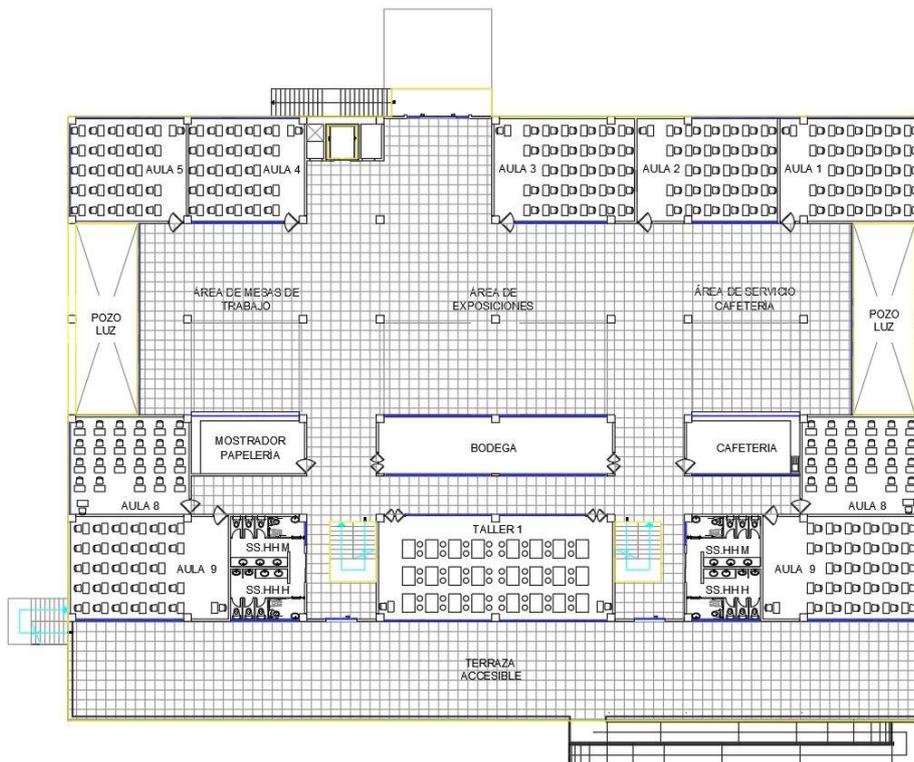


Figura 3.2. Planta de subsuelo arquitectónica nivel N+4.60 m

Fuente: Vintimilla, 2015

Elaboración: Ferrer, Ruiz y Chavez, 2014

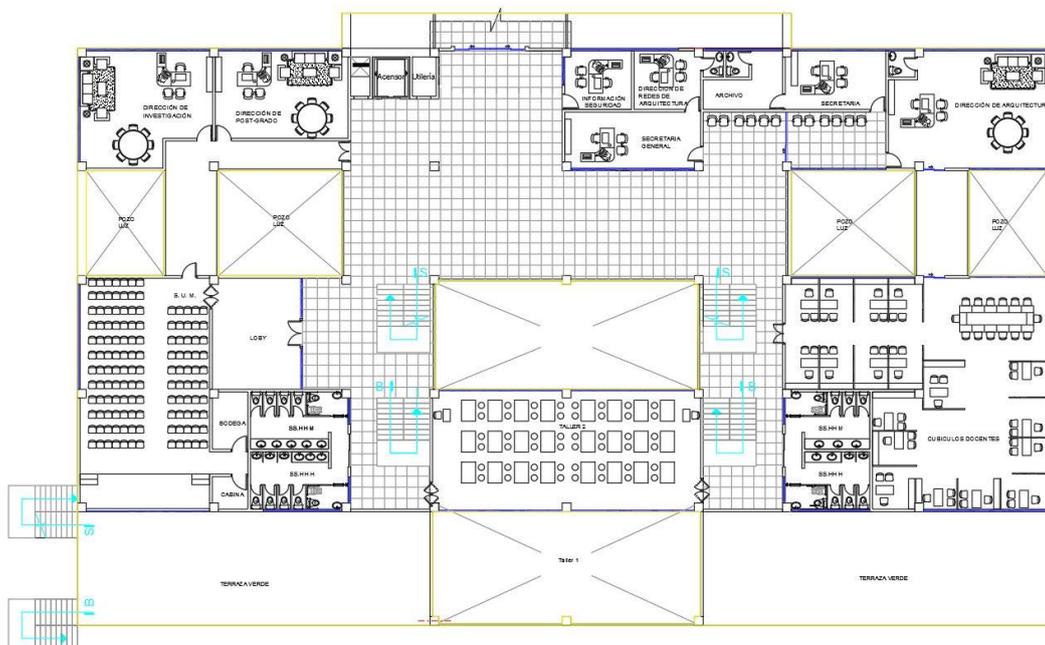


Figura 3.3. Planta baja arquitectónica nivel N+8.00 m

Fuente: Vintimilla, 2015

Elaboración: Ferrer, Ruiz y Chavez, 2014

- Planta alta N+11.24 m.

En esta planta se instalará al departamento de inglés, ocho aulas, taller, cuarto de utilería y servicios higiénicos, área de construcción es de 1,111.86 m².

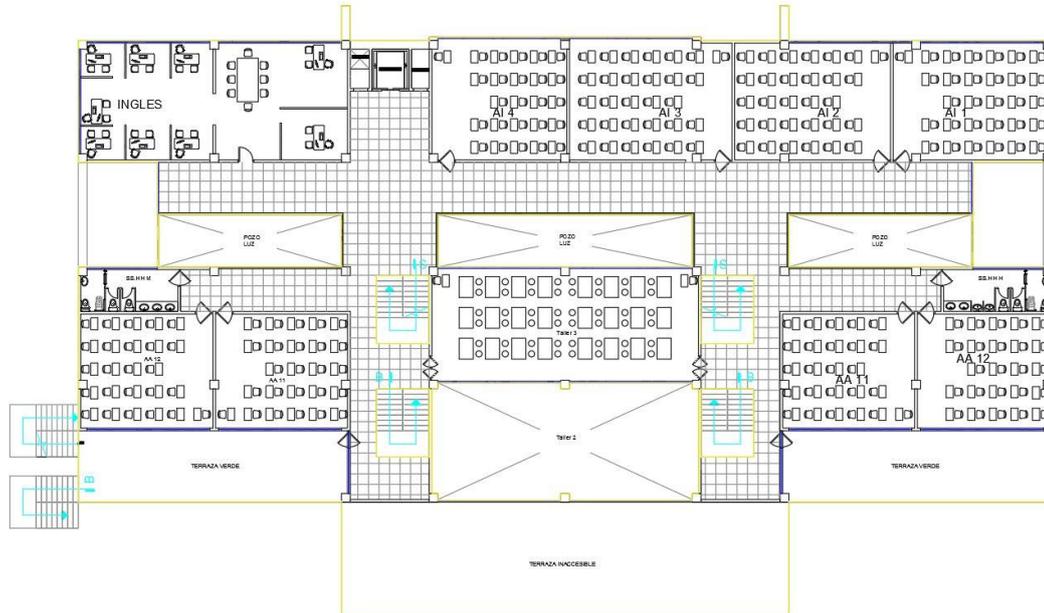


Figura 3.4. Planta alta arquitectónica nivel N+11.24 m

Fuente: Vintimilla, 2015

Elaboración: Ferrer, Ruiz y Chavez, 2014

- Planta alta N+14.48 m.

La planta alberga a dos laboratorios de computación, laboratorio de marquetería, laboratorio de eficiencia energética, cuatro aulas, taller, cuarto de utilería y servicios higiénicos. Área de construcción 908.88 m². Ver figura 3.5.

- Planta alta N+17.42 m.

Esta planta contiene cuatro aulas, taller, y servicios higiénicos, su área de construcción es 546.84 m². Ver figura 3.6.

- Planta alta N+20.96 m.

La última planta contiene cuarto de máquinas y una oficina. Área de construcción de 121.34 m². Ver figura 3.7.

3.1.2 ESTRUCTURAL

En cuanto al diseño estructural final del edificio será de vigas y columnas de acero, junto con losetas, vigas de cimentación y muros de hormigón armado. En el ANEXO II para mayor detalle se encuentran los planos estructurales de la edificación.

3.1.2.1 Cimentación

Se edificará sobre vigas de cimentación de 1.00 m y 1.80 m de altura, a un nivel N-3.56 m, mediante canastillas se llegará a nivel de contra piso que estará en el nivel N+0.00 m. A continuación, en la figura 3.8 se muestra la planta de cimentación.

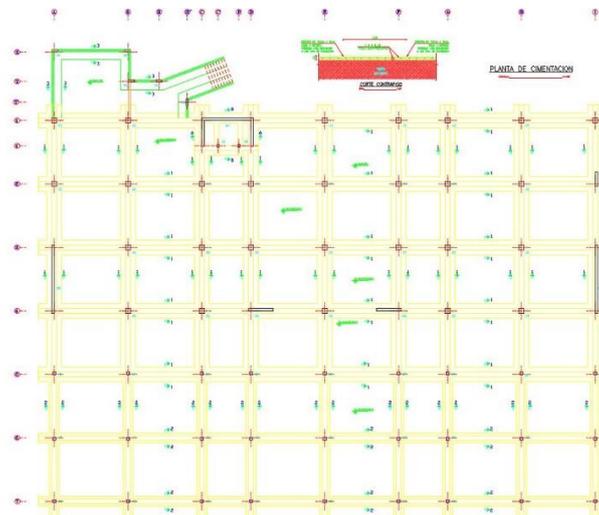


Figura 3.8. Nivel de cimentación estructural

Fuente: Vintimilla, 2015

Elaboración: Vintimilla, 2015

3.1.2.2 Loseta

Las losetas son de hormigón armado en dos direcciones y con malla electrosoldada para todas las plantas del edificio, tienen un espesor de 10 cm e irá sobre las vigas metálicas, adicionalmente se colocará un conector tipo “U” en soldado a la viga; permitiendo a la loseta tener mayor adherencia al sistema de vigas. Se usará un hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. En la figura 3.9 se detalla el armado típico para todas las plantas del edificio.

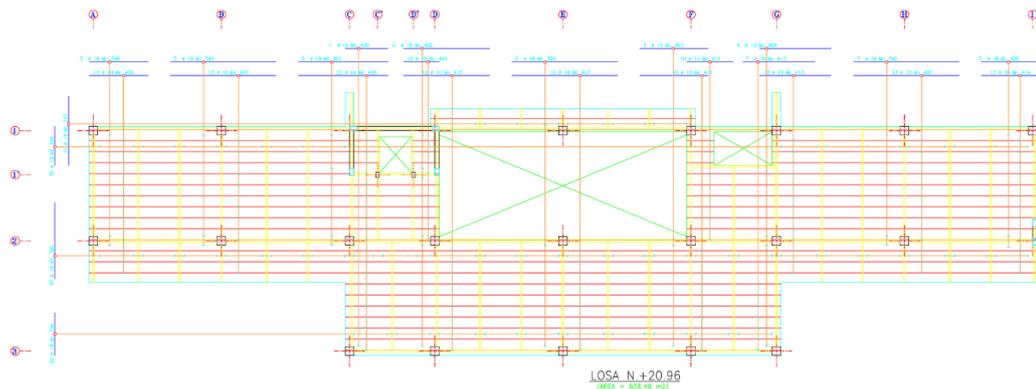


Figura 3.9. Armado típico de loseta estructural

Fuente: Vintimilla, 2015

Elaboración: Vintimilla, 2015

3.1.2.3 Diafragmas

Serán de hormigón armado en dos direcciones junto con Vigas Tipo I en cruz ubicadas entre piso. La colocación de diafragmas en la edificación ayuda a reducir la torsión en planta del edificio, están ubicados en el ducto del ascensor y en diferentes ejes, en la figura 3.8 se los puede apreciar en planta y en la figura 3.10 el armado típico.

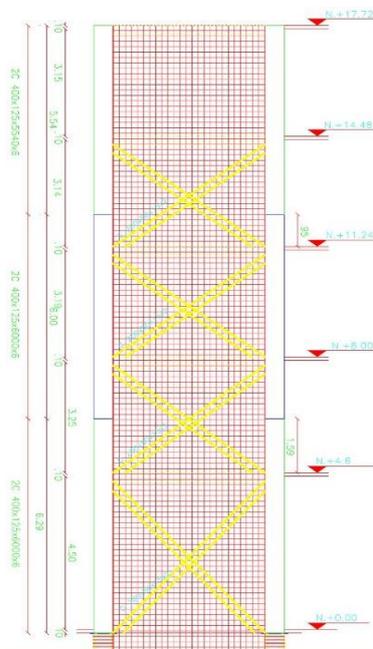


Figura 3.10. Armado típico de diafragma estructural

Fuente: Vintimilla, 2015

Elaboración: Vintimilla, 2015

3.1.2.4 Columnas

Serán de forma rectangular o cuadrada de sección compuesta de acero y hormigón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, los perfiles serán unidos mediante cordones de soldadura. Existen diferentes dimensiones de columnas que se detallan en el plano estructural en el ANEXO II. Las columnas empiezan en el nivel N -0.10 m, las canastillas se unen a placas de acero y estas a su vez se conectan a las columnas, en la figura 3.11 se muestra una sección y la elevación de una columna, a su vez serán semejantes para todas las demás.

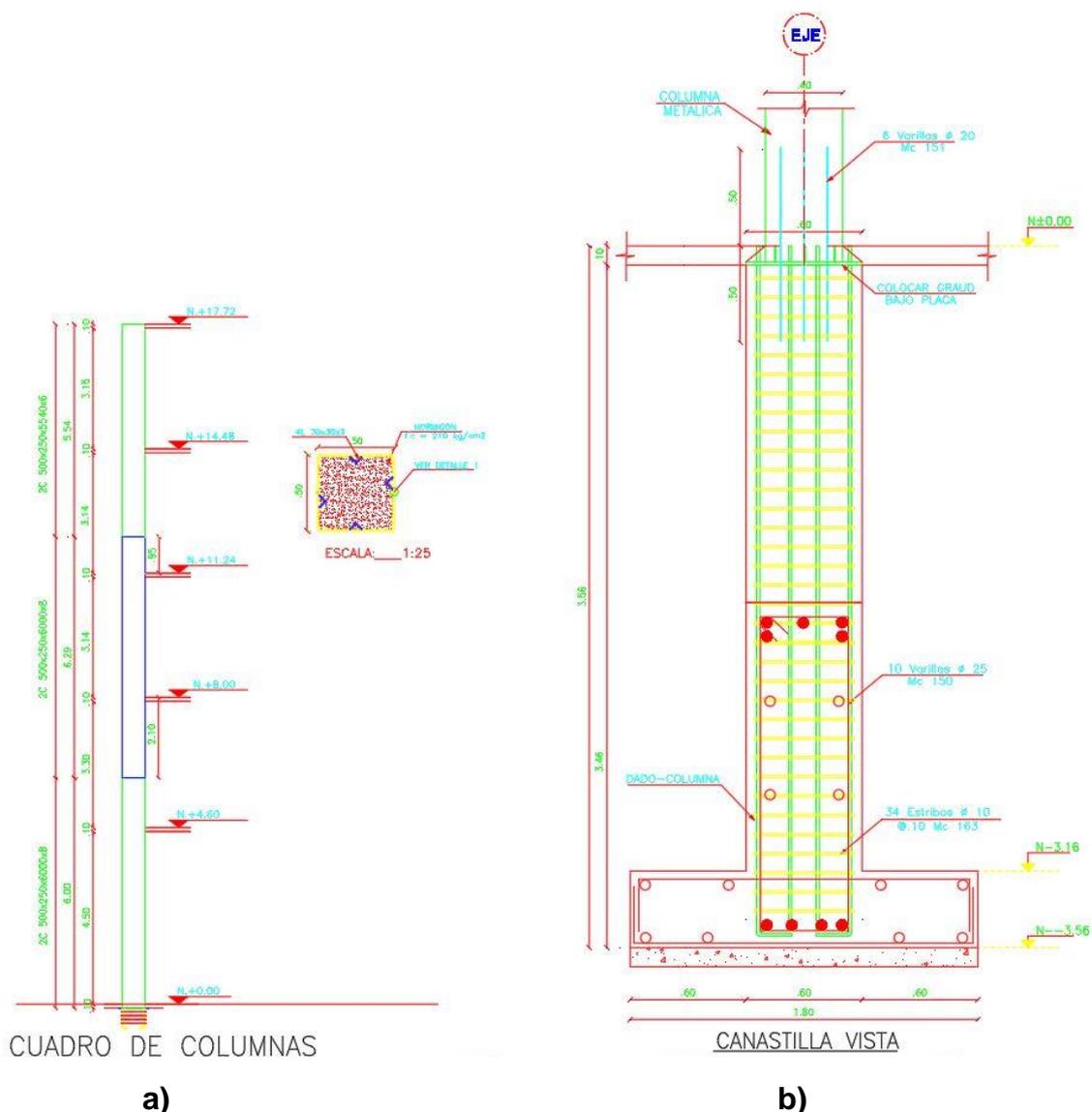


Figura 3.11. a) Elevación y sección de columna

b) Unión columna-canastilla-cimentación

Fuente: Vintimilla, 2015

Elaboración: Vintimilla, 2015

3.1.2.5 Vigas

En este proyecto existen dos tipos de vigas; principal y vigueta, ambas son de sección “I” compuestas por placas de acero soldadas, el patín superior e inferior de 100 mm o 120 mm y el alma de 450 mm o 400 mm en algunos ejes, con espesor variable dependiendo del tramo. Ambos tipos de vigas tienen longitudes variables especificadas en los planos estructurales y conectores tipo “U” 60x120 mm soldados cada 20 cm sobre el patín superior, este conector permite un mejor anclaje entre la losa y el sistema de vigas.

Las correas son de sección tipo “G” 125x50x15x2 mm colocada cada 65 cm en vigas principales y viguetas. En el ANEXO II se puede ver el sistema de vigas y los conectores con mayor detalle.

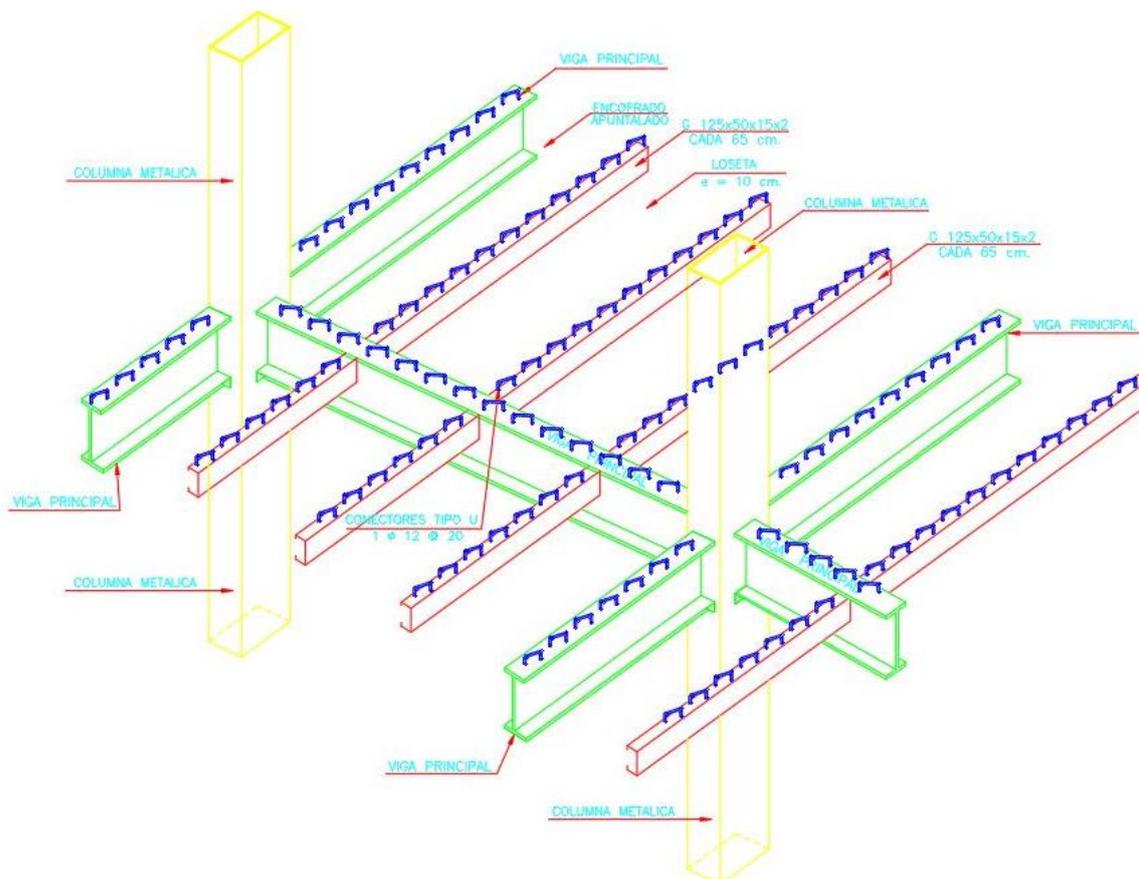


Figura 3.12. Sistema de vigas estructural

Fuente: Vintimilla, 2015

Elaboración: Vintimilla, 2015

3.1.3 MECÁNICO, ELÉCTRICO Y PLOMERÍA, MEP

3.1.3.1 Mecánico

En cuanto al diseño mecánico el edificio no cuenta con aire acondicionado o calefacción, posee elevadores que serán instalados en los diafragmas previamente diseñados y detallados en el proyecto estructural, ANEXO II. Cuenta con diseño de sistema de red contra incendios para todas las plantas, que se detalla en el siguiente apartado.

3.1.3.1.1 Red contra incendios

Esta red posee una bomba de agua exclusiva para activarse en caso de emergencia, la cisterna tiene un volumen de 23 m³, los diámetros de la tubería son de 1 ½" para conexiones a cajetines y 2 ½" para todo el edificio, que será suspendida de la losa.

Adicionalmente, junto con la red contra incendios existen diferentes dispositivos como: lámparas de emergencia, pulsadores, difusores de sonido, extintores, gabinetes, detector de humo y lámpara estroboscópica ubicados estratégicamente para activarse en caso de incendio como muestra la figura 3.13. En ANEXO III se encuentran a detalle los planos para la red contra incendios.

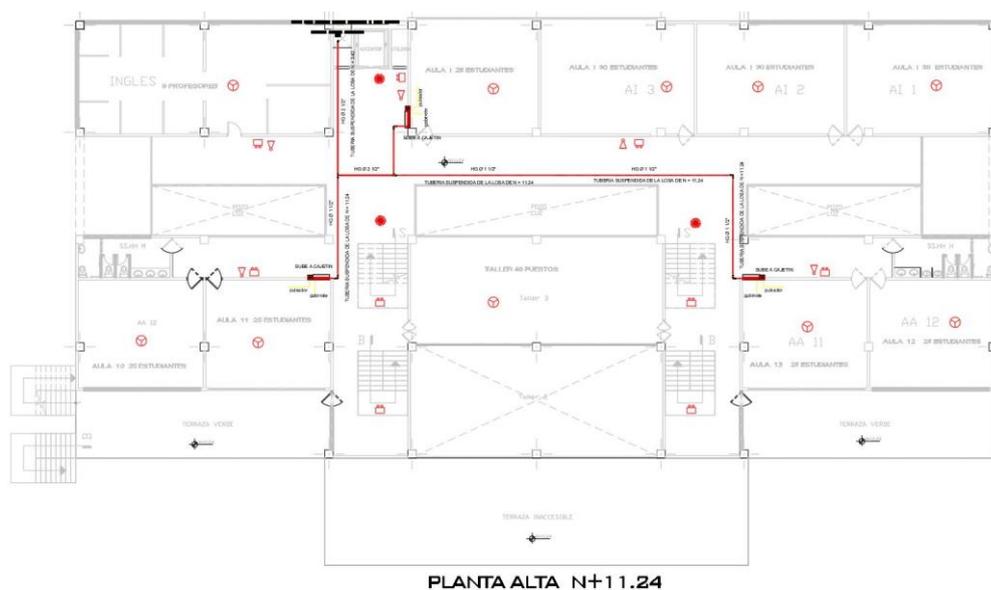


Figura 3.13. Tuberías red contra incendios

Fuente: Vintimilla, 2015

Elaboración: Silva, 2015

3.1.3.2 Eléctrico

Las instalaciones eléctricas comprenden el diseño de instalaciones internas y externas del edificio. Las instalaciones internas están formadas por circuitos de iluminación, circuitos de fuerza y circuitos de fuerza UPS, mientras que las instalaciones externas cuentan con circuito de iluminación externo. Los planos eléctricos del proyecto están en el ANEXO IV.

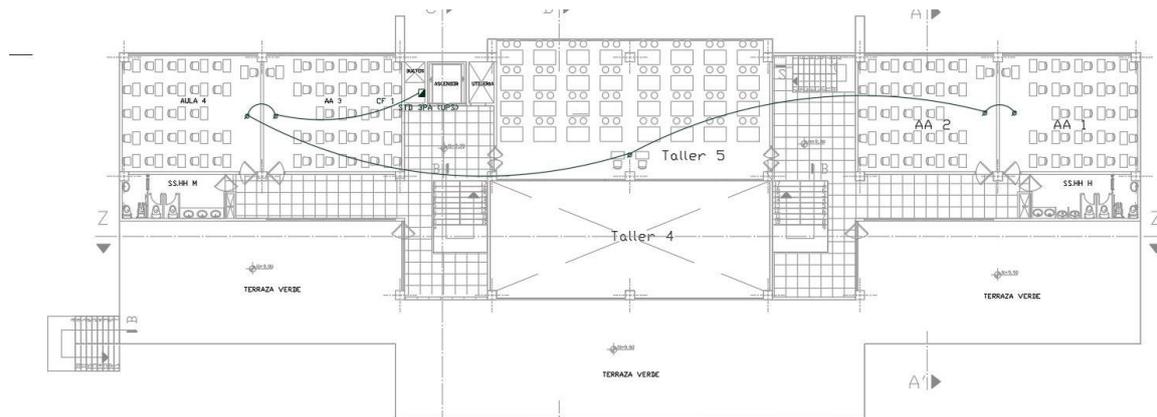


Figura 3.14. Circuito de fuerza (UPS)

Fuente: Vintimilla, 2015

Elaboración: López, 2015

3.1.3.3 Plomería

Plomería o Plumbing en inglés, consta de tres tipos red de agua potable caliente, red de agua potable fría y red sanitaria del edificio, que se puede dividir en: red de aguas servidas y red de aguas lluvia.

3.1.3.3.1 Red de agua potable fría

El sistema de red de agua potable será solo de agua fría, posee una cisterna de 50 m³ de aforo en total; 27 m³ destinada a agua potable y 23 m³ de reserva en caso de incendio. El cuarto de bombas está a un lado de la cisterna, aquí habrá tres electro bombas, una exclusivamente para la red contra incendios y dos para suministrar agua a todo el edificio; una en operación permanente y otra de reserva en caso de mantenimiento de la primera.

El diseño del sistema de red de agua potable utiliza diferentes tipos de diámetros de tubería PVC con uniones rosca; la tubería principal 2 ½", montantes 1 ¼" y 1", ¾", ½" para conexión a aparatos sanitarios, la tubería será suspendida de las losas permitiendo una instalación más rápida y mucho más fácil de reparar una avería que una tubería embebida en la losa. En la figura 3.15 se muestra la distribución de los servicios higiénicos. Los planos a detalle se encuentran en el ANEXO V del presente documento.

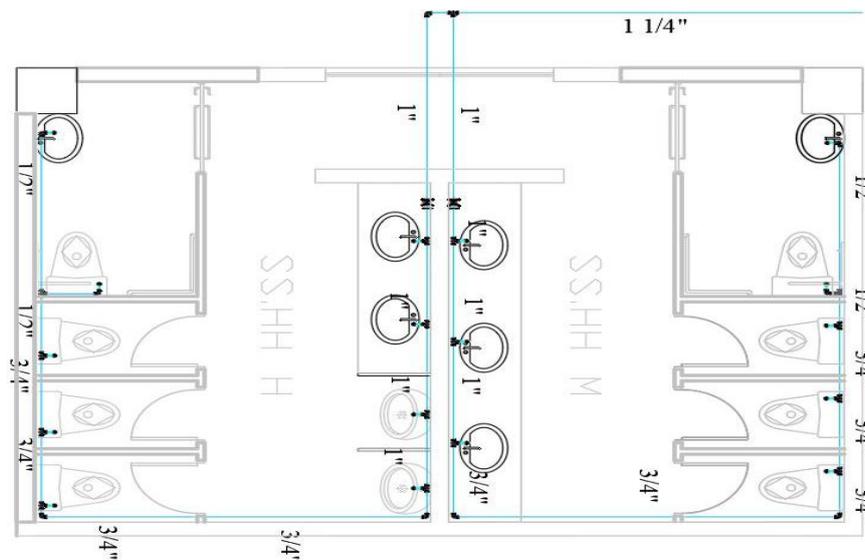


Figura 3.15. Conexiones a aparatos sanitarios agua potable

Fuente: Vintimilla, 2015

Elaboración: Silva, 2015

3.1.3.3.2 Red sanitaria

En cuanto a la red sanitaria del edificio se divide en dos: aguas lluvia (verde) y aguas servidas (naranja), cada una con su respectiva caja de revisión (C.R). Ver figura 3.16.

La red de tubería para aguas lluvia utiliza un diámetro de $\phi 110$ mm (4") de PVC en todo el edificio.

Para la red de aguas servidas el diámetro dominante de tubería PVC es $\phi 110$ mm (4") conexión a inodoros, para las conexiones a lavamanos y urinarios $\phi 50$ mm (2"), $\phi 160$ mm (6") en las bajantes de aguas servidas (B.A.S) y $\phi 75$ mm (3") para ventilación. En el ANEXO VI se encuentran los planos de la red sanitaria del edificio, así como los detalles para cajas de revisión, sello hidráulico y ventilación.

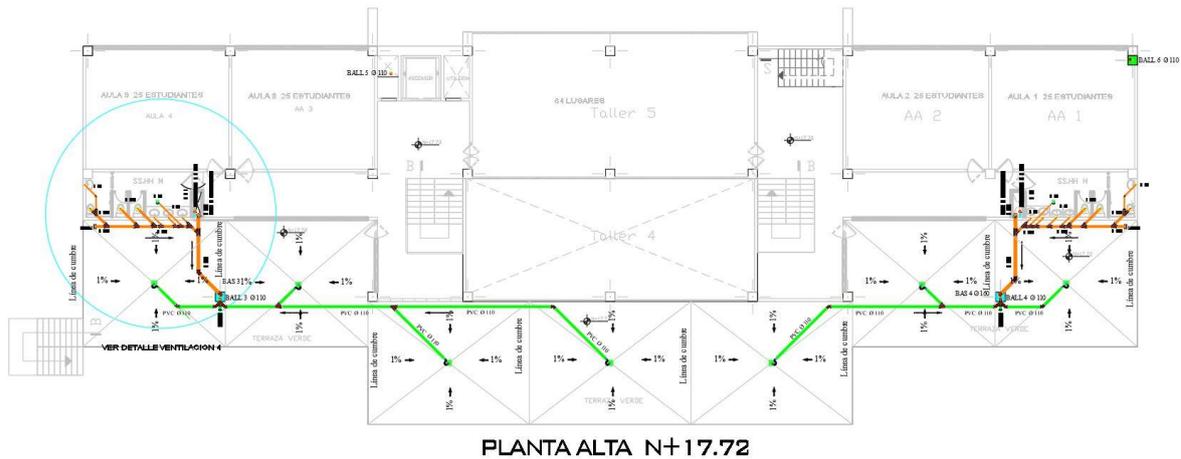


Figura 3.16. Tubería de aguas lluvia y aguas servidas red sanitaria

Fuente: Vintimilla, 2015

Elaboración: Silva, 2015

3.2 DESARROLLO DEL PROYECTO EDIFICIO CARRERA DE ARQUITECTURA APLICANDO BIM

En este apartado se describe la forma del modelado de las diferentes ingenierías involucradas en el proyecto. Se ha optado para la modelación 3D por el programa Revit, Navisworks para planificación 4D y presupuesto 5D, ambos versión 2019 de Autodesk con licencia educativa. El procedimiento para la creación del modelo integral fue basado en la Guía de usuarios BIM, Protocolo de Singapur y se desarrolla de la siguiente manera:

1. Creación del modelo arquitectónico.
2. Creación del modelo estructural.
3. Coordinación y revisión del modelo arquitectónico y modelo estructural.
4. Creación del modelo MEP.
5. Coordinación y revisión del modelo arquitectónico, modelo estructural y modelo MEP.
6. Corrección de todos los modelos.
7. Planificación 4D.
8. Presupuesto 5D.
9. Simulación costo-tiempo.

Durante el proceso de coordinación se cruza información entre los diferentes modelos, así se podrá detectar errores o interferencias espaciales entre las diferentes disciplinas, se hará una descripción de la interferencia espacial y la solución tomada para la corrección de la misma.

Una vez finalizado el modelo integral se procederá a obtener las cantidades de obra usando Revit, para posteriormente generar una planificación y presupuesto del proyecto con Navisworks. A la par se obtendrá las cantidades de obra, planificación y presupuesto del proyecto aplicando la metodología tradicional. La figura 3.17 muestra dicho proceso.

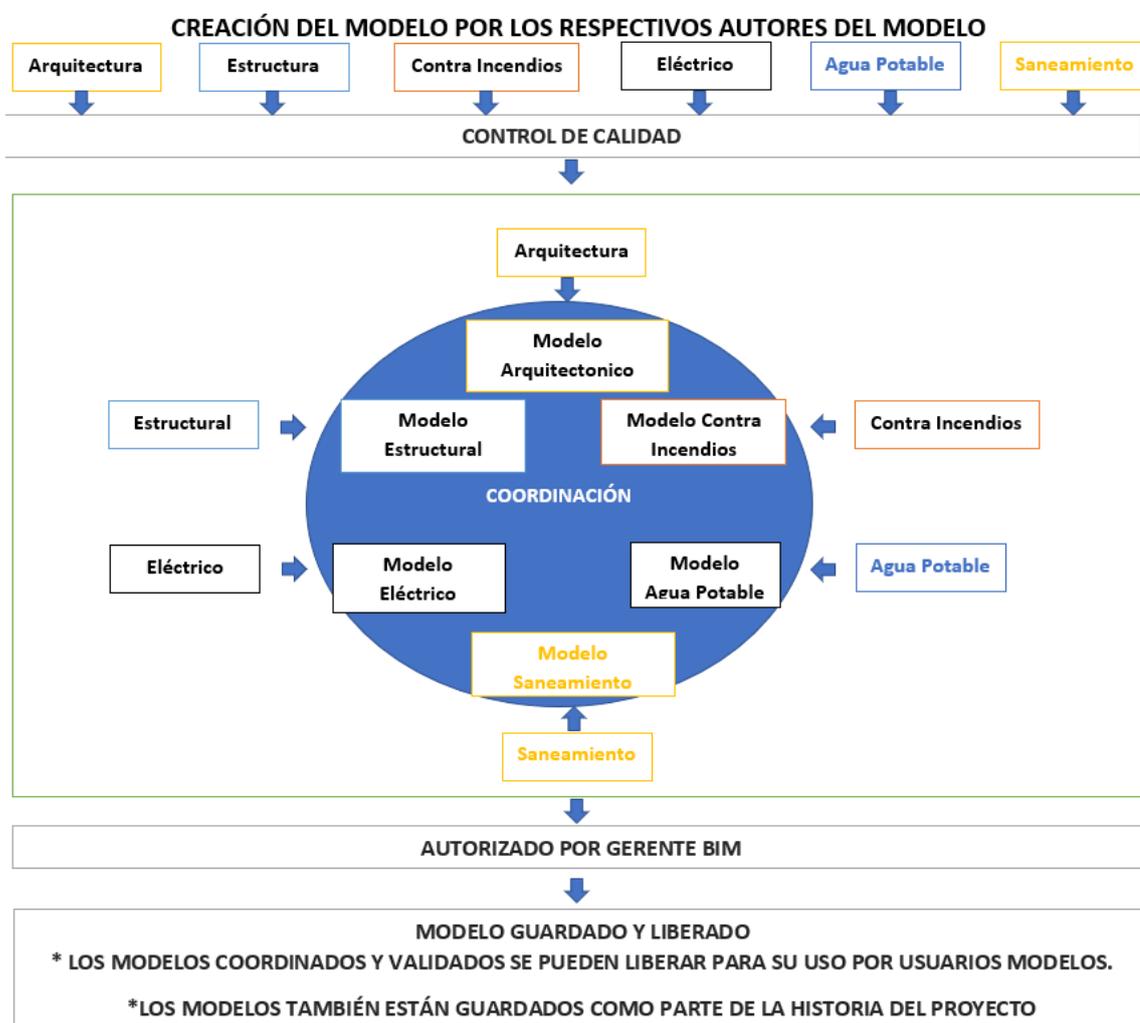


Figura 3.17. Desarrollo del proyecto BIM

Fuente: (Seng, Wah, & Poh, 2013)

Elaboración: Andrade, 2019

3.2.1 MODELACIÓN 3D

Previo a la modelación de cualquier disciplina se debe tener en claro los lineamientos BEP que se van a seguir durante todo el proyecto, estos pueden ser propios creados por la compañía o a su vez usar una guía o protocolo BIM ya legislado en otro país. Es fundamental que absolutamente todos los involucrados en el proyecto hablen el mismo idioma BIM para no tener confusiones a futuro.

El presente diseño cuenta con un nivel de desarrollo 300¹ y nivel de detalle 3², como menciona (Maya, 2018), dicho nivel va a depender de los modeladores, y de cuanto detalle y desarrollo quieran alcanzar en el modelo. Se debe tener en cuenta que a mayor detalle y desarrollo del modelo la exigencia para procesar la información en el computador también aumenta, por ello, se optó por un computador con las siguientes características:

- Sistema operativo: Windows 10 Home.
- Procesador: Intel Core i7-8700 CPU @ 3.20 GHz 3. 19GHz. 8^{va} Generación.
- Memoria RAM instalada: 16.0 GB
- Tipo de sistema: Sistema operativo de 64 bits, procesador x64.
- Unidad de almacenamiento de datos: disco duro 120 GB SSD para arranque del sistema operativo y un disco duro 1 TB HDD para almacenamiento en general.
- Tarjeta de video: NVIDIA GeForce 1060 GTX 3GB.

3.2.1.1 Modelación arquitectónica

La Guía de usuarios BIM de (Documento 3. Diseño Arquitectónico, 2014), fue fundamental para el desarrollo del modelo arquitectónico 3D.

¹ “Los elementos estructurales y no estructurales del modelado se representan gráficamente como un objeto con características propias como tamaño, forma, ubicación, orientación y cantidades, que se acercan cada vez más a la información específica.” (Maya, 2018)

² “Engloba a los elementos estructurales y no estructurales que proporcionan información consistente para la etapa del diseño, con su coordinación espacial completa.” (Maya, 2018)

Generalmente en obras nuevas el modelo arquitectónico es el primero en desarrollarse. El arquitecto estima las dimensiones de los elementos estructurales; losa, viga, columnas, muros y demás elementos, que posteriormente en el modelo estructural serán cambiados en base a los cálculos del ingeniero estructural. A continuación, se describe la modelación arquitectónica.

1. Configuración de las unidades.

Con el comando UN, se desplegará una ventana en la cual podemos escoger con que disciplina se trabajará y el formato de unidad. Selección <Común> y ahora selección <Longitud>. En unidades: <Metros>. Redondeo: <2 posiciones decimales>. Símbolo de unidad: <m>.

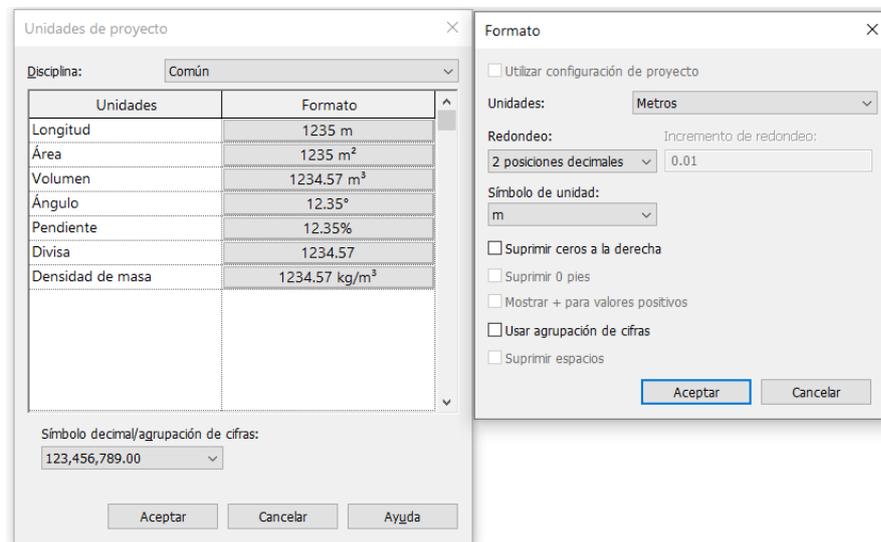


Figura 3.18. Unidades del proyecto

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

2. Colocar rejillas o ejes.

Se selecciona la banda de <Arquitectura>. Referencia: <Rejilla>



Figura 3.19. Colocar rejilla

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Se procede a dibujar los ejes horizontales y verticales necesarios para el proyecto. En la figura 3.20 se observa ejes colocados a manera de ejemplo, adicionalmente existen diversas herramientas que pueden usarse para facilitar la colocación de rejillas.

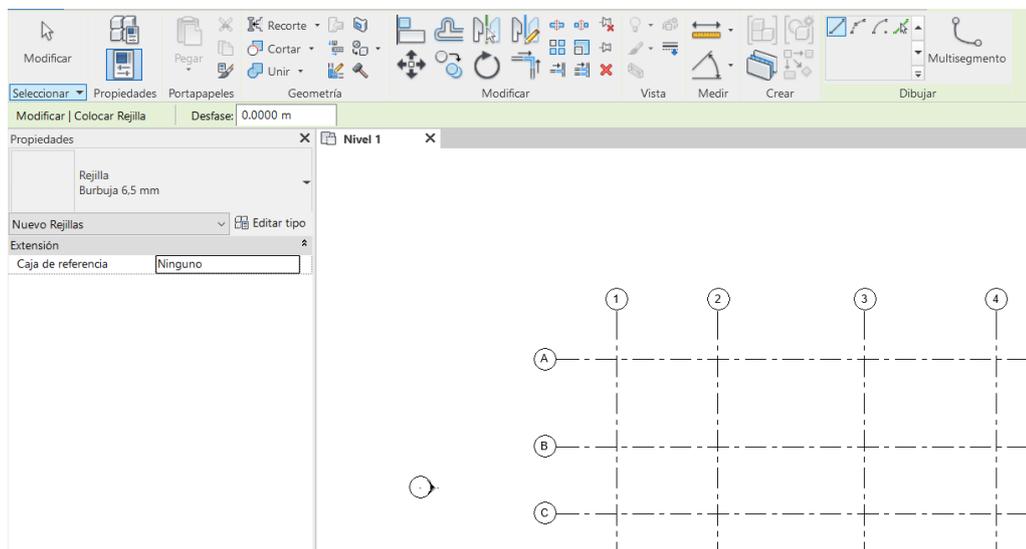


Figura 3.20. Rejillas de un proyecto

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

3. Colocar niveles.

En Navegador de Proyecto, selección <Alzados>, selección <Este>.

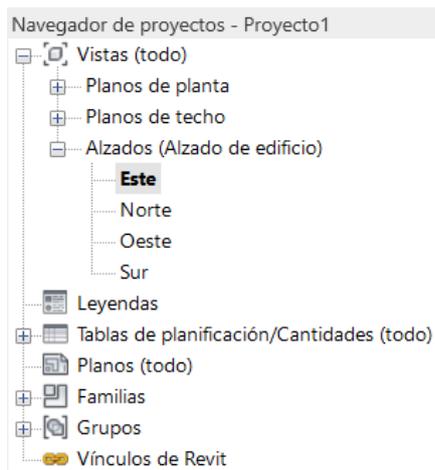


Figura 3.21. Navegador de proyecto

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

El Navegador de proyectos se encuentra a un lado de la pantalla del programa, sino aparece, ir a <Vista>, <Interfaz de usuario>, <Navegador de proyecto>. Al abrir el alzado <Este> será una vista lateral Este del proyecto. Ahora se puede observar que en <Referencia> se ha activado el botón <Nivel>, se da click e inmediatamente se puede colocar los niveles necesarios para el desarrollo del proyecto, ver figura 3.22.

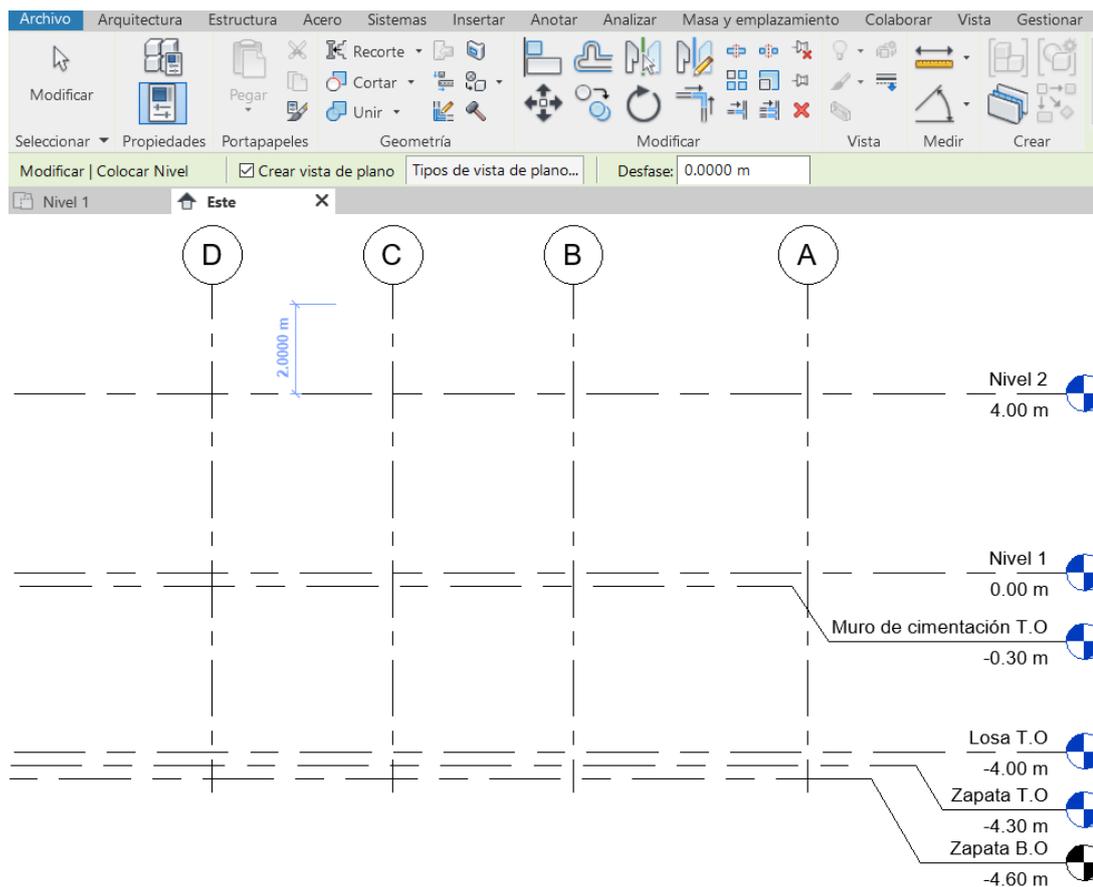


Figura 3.22. Niveles

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Se debe tener en cuenta la diferencia que hace el programa entre elementos arquitectónicos y estructurales, por ejemplo: un pilar arquitectónico es diferente a un pilar estructural, el primero Revit lo considera sin propiedades estructurales, mientras que un pilar estructural tiene propiedades estructurales, como rigidez. Este principio se aplica para vigas, losas, muros. Ver figura 3.23.



Figura 3.23. Pilar arquitectónico y estructural

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

4. Colocación suelo o losa.

Situarse en la vista <Nivel 1>. En la banda de <Arquitectura>. Click en Referencia: <Suelo> y se abre la sección de edición. En <Propiedades> se escoge la familia de suelo a usar por ejemplo <Genérico 150 mm>. Con las herramientas de dibujar selecciona <línea> y se dibuja. Para salir de la edición, click en <Check verde>.

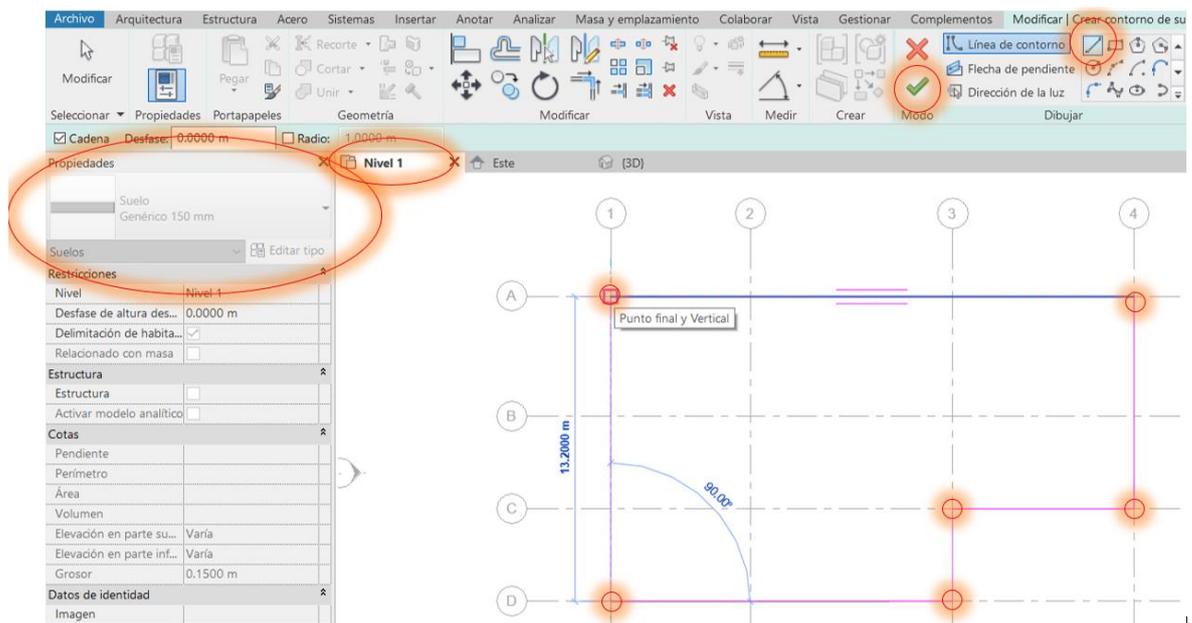


Figura 3.24. Colocación de losa

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

5. Colocación de pilar o columna.

Situarse en la vista <Nivel 1>. En la banda de <Arquitectura>. Click en <Pilar> y se abre la sección de edición. En <Propiedades> se escoge la familia del pilar a usar por ejemplo <Hormigón Cuadrado Pilar 1500x1500mm>. Luego se establece la altura del elemento <Nivel 2>. Con el cursor se selecciona el lugar donde estarán los pilares. Para salir de la edición, oprimir <Esc>.

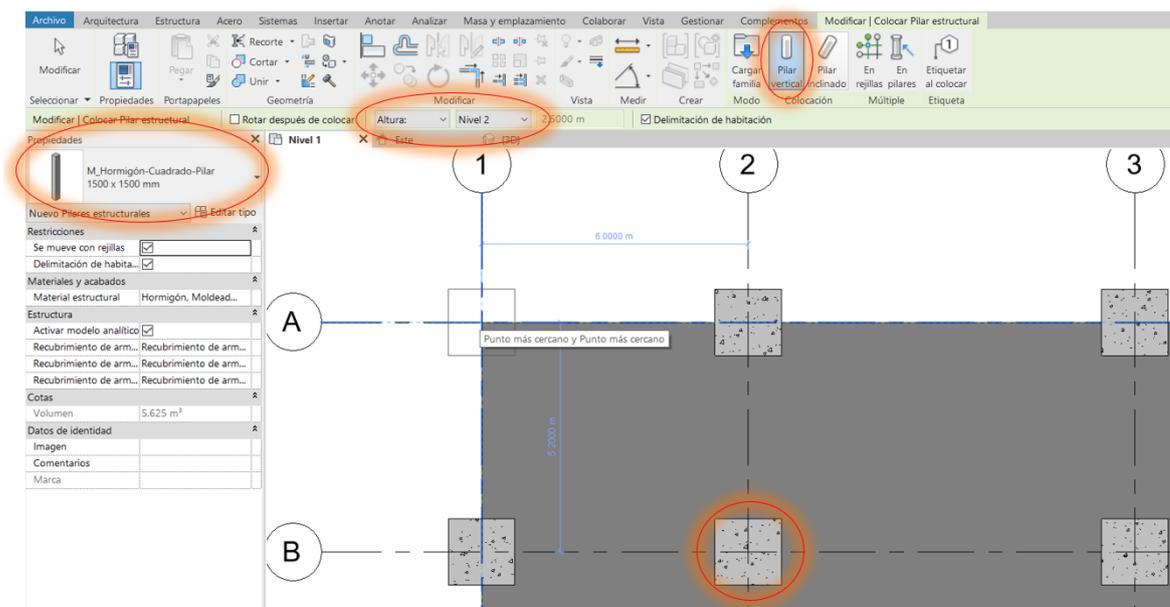


Figura 3.25. Colocación de pilar

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

6. Colocación de muro arquitectónico.

Situarse en la vista <Nivel 1>. En la banda de <Arquitectura>. Click en <Muro> y se abre la sección de edición. En <Propiedades> se escoge la familia del muro a usar por ejemplo <Interior bloque 100mm>. Luego se establece la altura del elemento, hasta el <Nivel 2>. Con el cursor se dibuja los lugares donde estarán los muros. Para salir de la edición, oprimir <Esc>. Ver figura 3.26. colocación de muro.

7. Colocación de una ventana.

Situarse en la vista <Nivel 1>. En la banda de <Arquitectura>. Click en <Ventana> y se abre la sección de edición. En <Propiedades> se escoge la familia de la ventana a usar por ejemplo <Fijo 610x1220mm>. Luego se coloca el cursor

cerca del muro y se clickea. Con el cursor se selecciona los lugares donde estarán las ventanas. Para salir de la edición, oprimir <Esc>. Ver figura 3.27. colocación de una ventana.

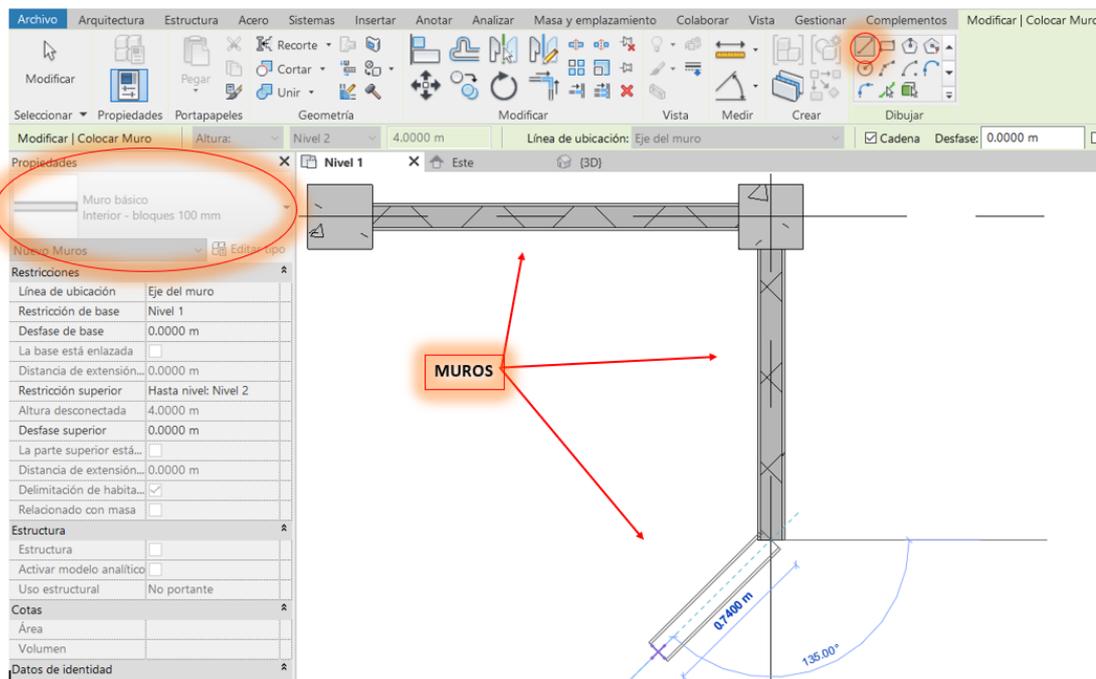


Figura 3.26. Colocación de muro

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

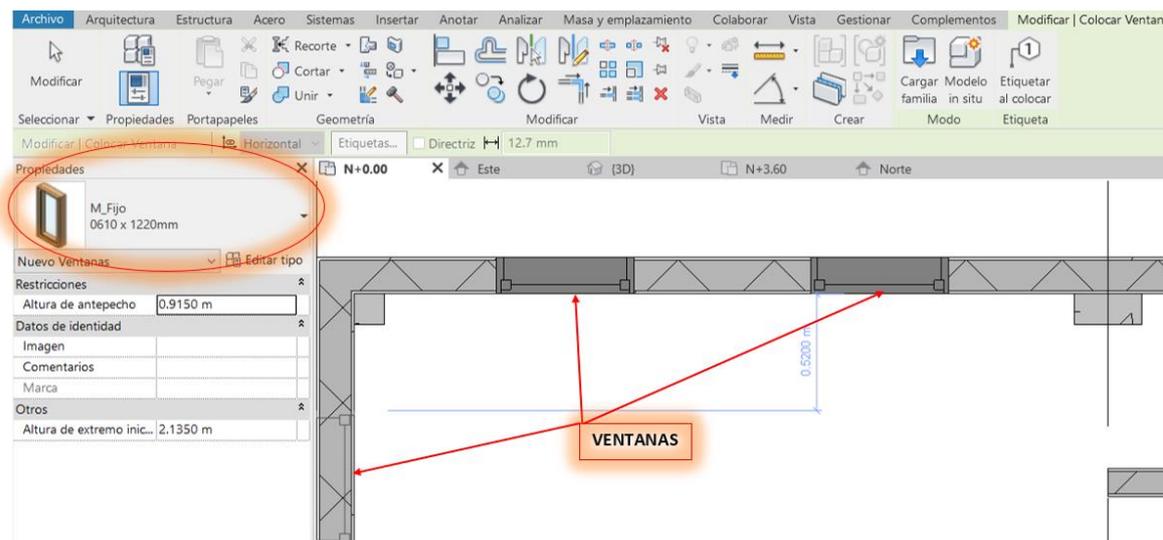


Figura 3.27. Colocación de una ventana

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

8. Colocación de una puerta.

Situarse en la vista <Nivel 1>. En la banda de <Arquitectura>. Click en <Puerta> y se abre la sección de edición. En <Propiedades> se escoge la familia de la ventana a usar por ejemplo <Simple 762x2032mm>. Luego se coloca el cursor cerca del muro y se puede oprimir barra espaciadora para cambiar la dirección de abertura de la puerta, luego se clickea. Con el cursor se selecciona los lugares donde se colocarán las puertas. Para salir de la edición, oprimir <Esc>.

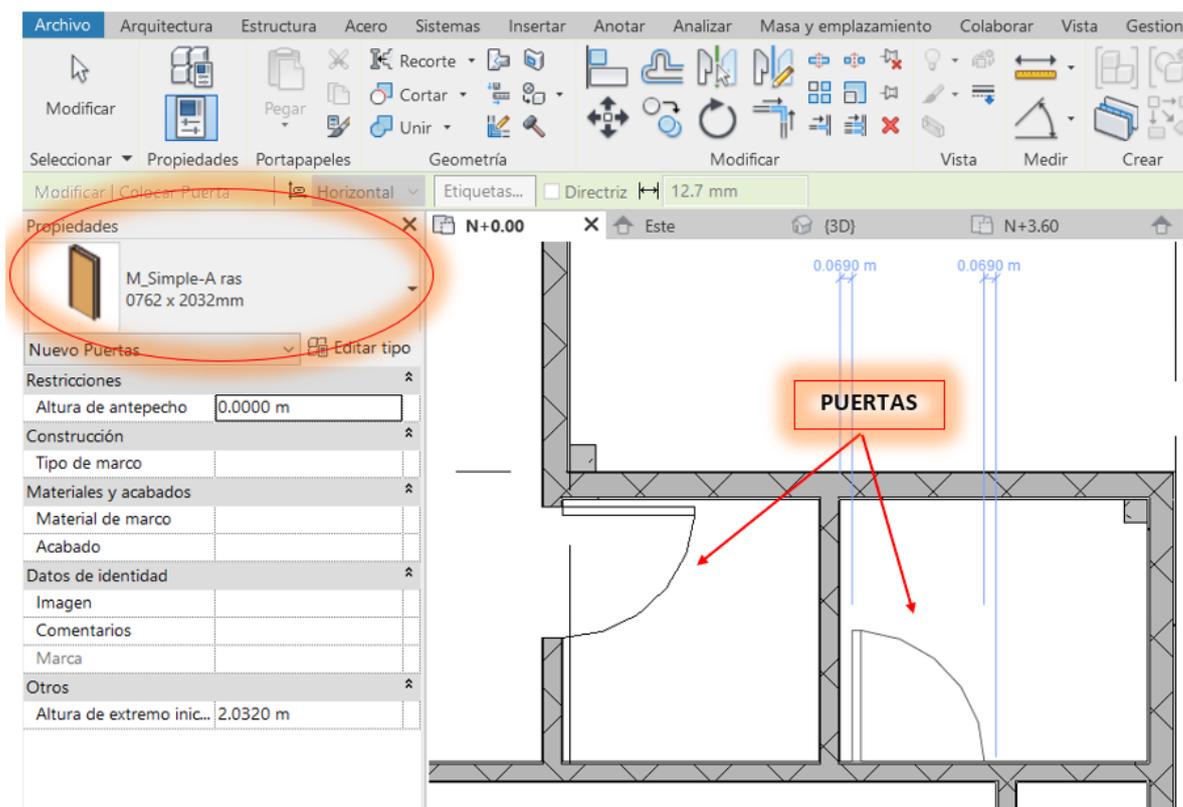


Figura 3.28. Colocación de una puerta

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

9. Colocación de un componente: silla.

Situarse en la vista <Nivel 1>. En la banda de <Arquitectura>. Click en <Componente> y se abre la sección de edición. Seleccionar <Cargar familia>. En <buscar: Libraries/Spanish_INTL/Mobiliario/Sillería/> (ver figura 3.29) y se escoge la familia de la silla a usar por ejemplo <Silla Corbu> y <abrir>. Se puede oprimir barra espaciadora para cambiar la dirección del elemento, luego se clickea. Con el cursor se selecciona los lugares donde colocaran las sillas. Para salir de la edición,

oprimir <Esc>. Ver figura 3.30. Este procedimiento también sirve para colocar familias de cualquier especialidad, descargadas de internet o creadas, guardadas en el disco duro del computador.

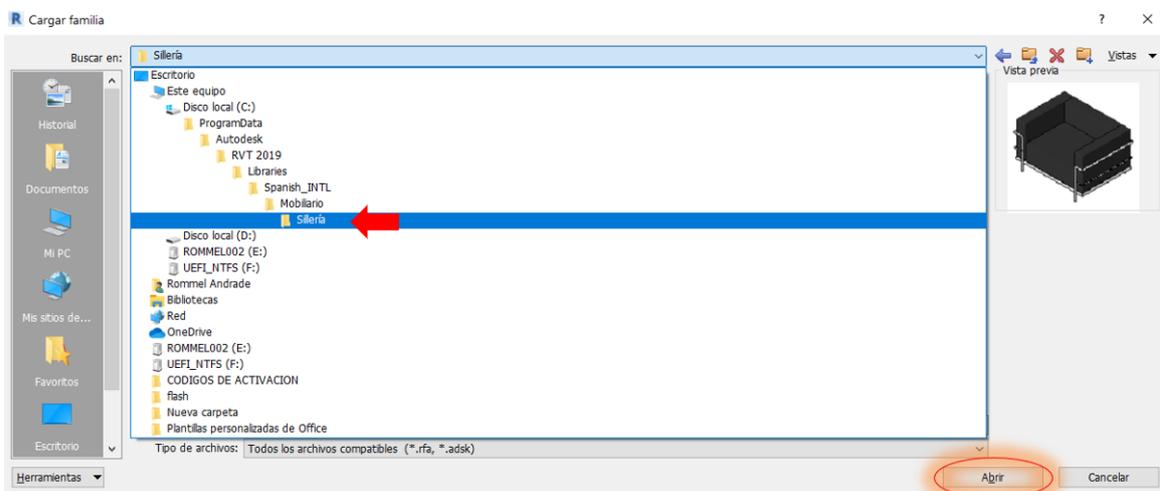


Figura 3.29. Cargar familia

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

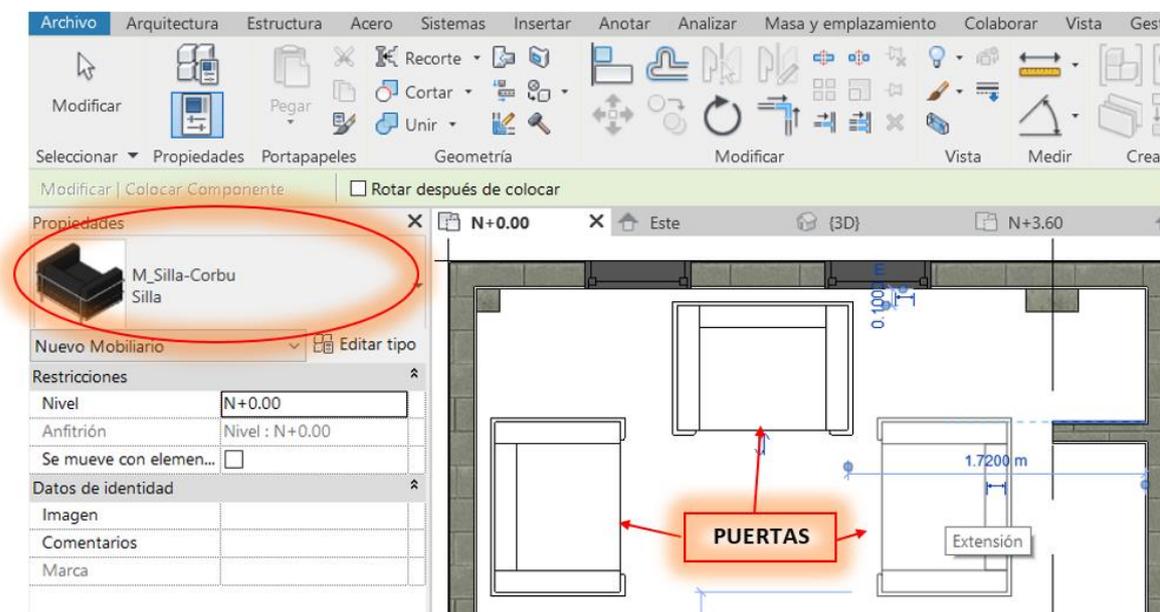


Figura 3.30. Colocación de componente: silla

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Las operaciones descritas anteriormente son las básicas para empezar a modelar cualquier proyecto, la práctica y habilidad se desarrolla con el tiempo para el modelador.

Con dichas operaciones, se procedió a modelar arquitectónicamente el edificio, basándose en los planos arquitectónicos 2D adquiridos. El modelo arquitectónico fue modelado por niveles, tal cual fuese un proceso de construcción en la realidad.

Durante el proceso de modelación se pudieron encontrar algunos inconvenientes que se resumen en un formato basado en (Silva, Estudios especiales red contra incendios, 2015) donde se detalla el inconveniente, las personas involucradas, imagen referencial, ubicación del problema, solución y comentario.

En el formato se introdujo el término: Clasificación, evalúa el nivel del error descubierto. Se consideran cuatro: bajo, modera, grave y crítico, siendo 'bajo' un nivel manejable de la situación en el modelo y 'critico' un nivel extremo cuidado en la modelación.

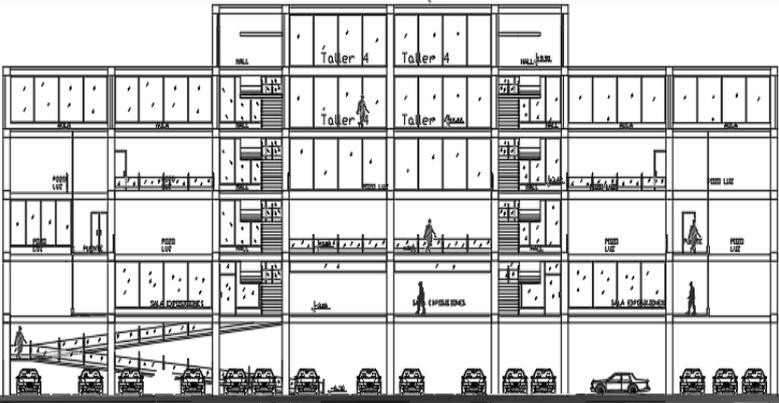
El término: Involucrados, corresponde a todas las personas que participan en el conflicto, mientras más avanza el proyecto más personas colaborarán en este, obsérvese que el Cliente siempre esta casilla, ya que debe estar informado de todos los cambios en el diseño.

Tipo, clasifica al informe según:

- Falta de detalle: ausencia de especificación o elemento.
- Error espacial: intersección equívoca de elementos o mala ubicación de los mismos.
- Modificación de diseño: agregar o quitar algún elemento.
- Deficiencia de coordinación: privación de comunicación entre los involucrados.

El término: Solución, propone una solución al conflicto descubierto en el modelo. Esta solución puede ser o no aceptada por el profesional, o en otros casos cambiar el diseño.

Tabla 3.1*Informe de inconvenientes arquitectura, ARQ 1*

Análisis:	Arquitectura		
Código:	ARQ 1	Nivel:	Todos los niveles
Tipo:	Falta de detalle	Ubicación:	Muros arquitectónicos
 <p>Sección Z-Z</p>			
 <p>SECCION Z-Z'</p>			
CAD			
Descripción: No existe detalle de las dimensiones de las ventanas internas altas de aulas, talleres, oficinas, bodega, papelería y cafetería.			
Clasificación: Moderada			
Involucrados: Arquitecto Constructor Cliente			
Solución: Se decide colocar para aulas, talleres, oficinas, bodega 0.80 m de altura de ventana por una longitud variable. Papelería y cafetería de 1.66 m de alto por una longitud variable.			
Comentario: Aunque parte de la información se puede obtener de los cortes, es necesario precisarla.			

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Tabla 3.2*Informe de inconvenientes arquitectura, ARQ 2*

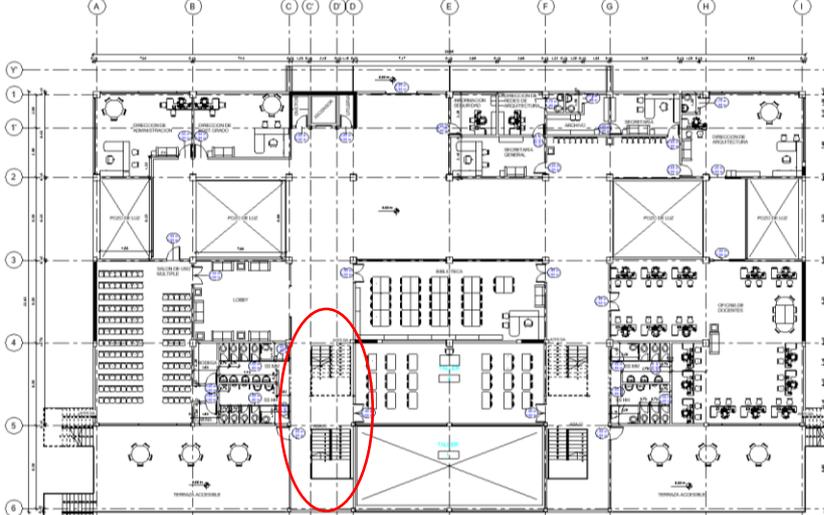
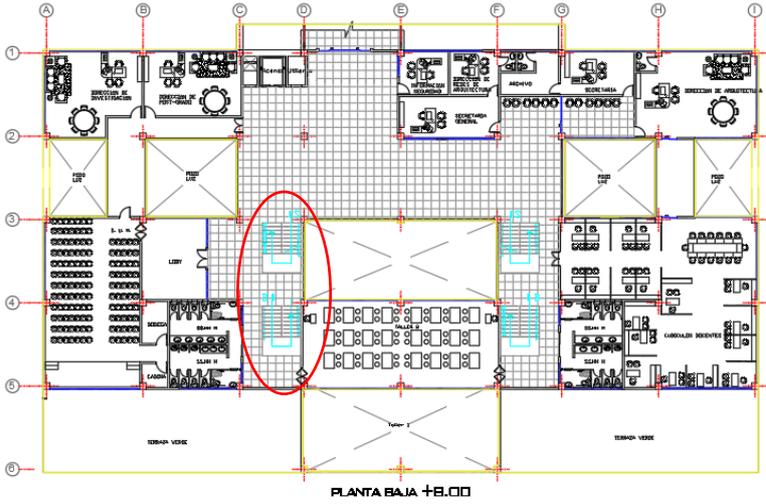
Análisis:	Arquitectura		
Código:	ARQ 2	Nivel:	Todos los niveles
Tipo:	Falta de detalle	Ubicación:	Exteriores
 <p>1 Vista Lateral Derecha 1:100</p>			
REVIT			
 <p>FACHADA LATERAL</p>			
CAD			
Descripción: No existe protección de barandillas en terrazas verdes de acceso al público			
Clasificación: Baja			
Involucrados: Arquitecto Constructor Cliente			
Solución: Se opta por colocar barandillas de 1.10 m en terrazas verdes y escaleras			
Comentario: Se implemento barandillas por seguridad ya que las terrazas son accesibles al público			

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Tabla 3.3

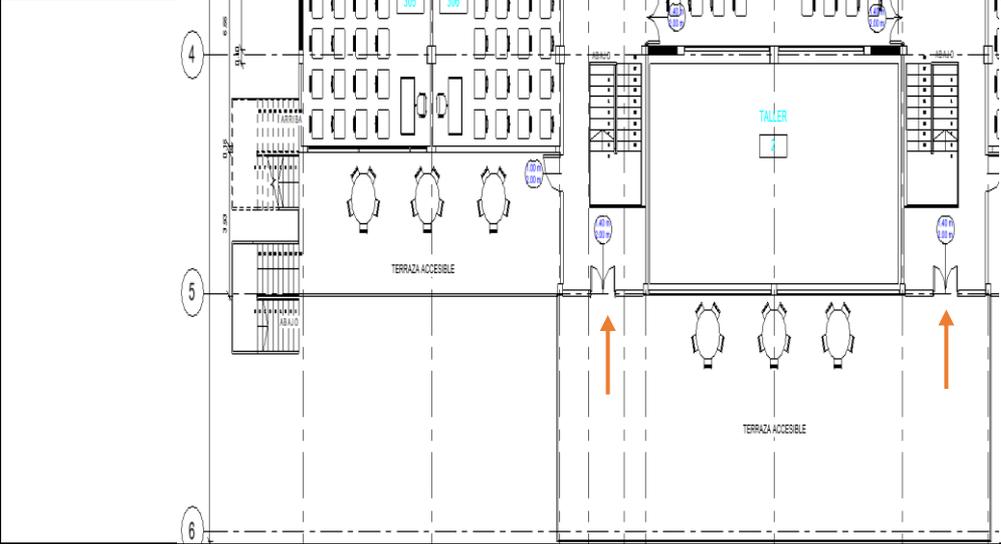
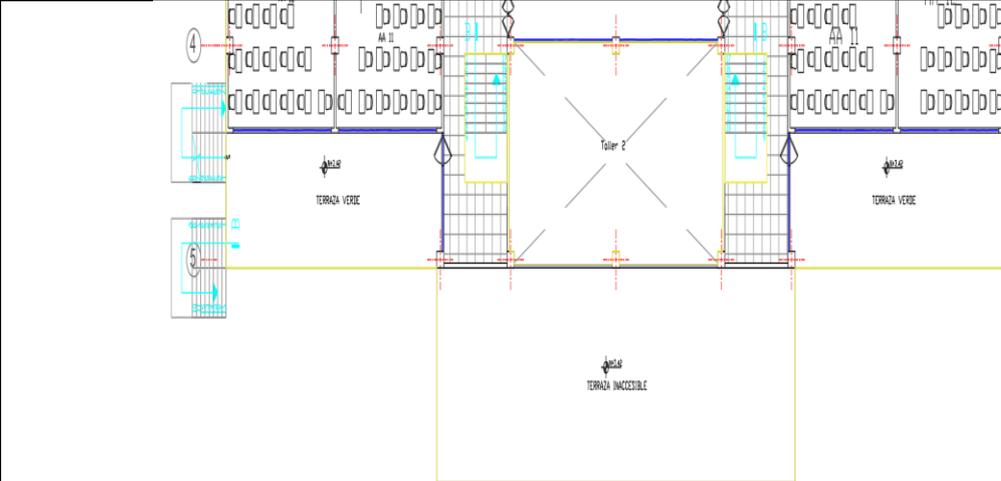
Informe de inconvenientes arquitectura, ARQ 3

Análisis:	Arquitectura		
Código:	ARQ 3	Nivel:	N+8.00
Tipo:	Error espacial	Ubicación:	C3-D6 y F3-G6
			
			
Descripción: Debido a inconsistencias en los planos arquitectónicos, para las escaleras subir de N+4.60 m a N+8.00 m genera un error de espacio, por alguna razón en los ejes			
Clasificación: Grave			
Arquitecto Constructor Cliente Ing. Estructural			
Solución: Se mueve las escaleras de los ejes C3 a C4 y de C4 a C5 en ambas alas adicionalmente, en C5-C6 y F5-F6 se puso una pared para que cubra la escalera y una puerta para tener acceso a la terraza en ambas alas.			
Comentario: Este tipo de error pudo generar un costo adicional o un cambio de diseño arquitectónico y/o estructural			

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

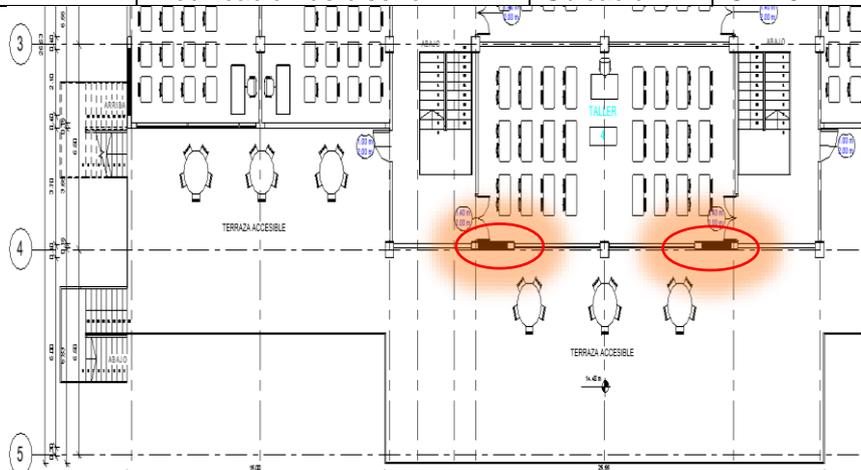
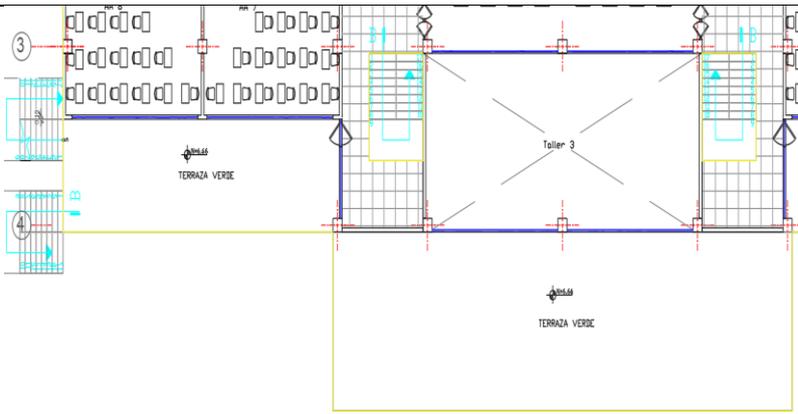
Tabla 3.4*Informe de inconvenientes arquitectura, ARQ 4*

Análisis:	Arquitectura		
Código:	ARQ 4	Nivel:	N+11.24
Tipo:	Modificación de diseño	Ubicación:	C5-F6
			
REVIT			
			
PLANTA ALTA N+11.24			
CAD			
Descripción: No existe acceso a terrazas verdes			
Clasificación: Baja			
Involucrados: Arquitecto Constructor Cliente Ing. Estructural			
Solución: Se decide colocar una puerta en ambas alas del edificio, para tener acceso a terrazas verdes y a las escaleras externas			
Comentario:			

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

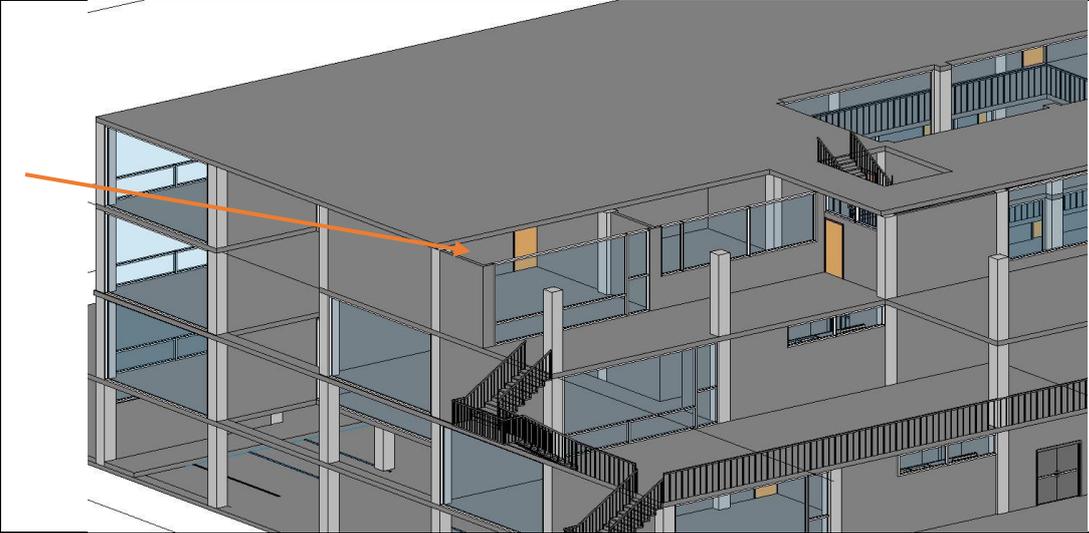
Tabla 3.5*Informe de inconvenientes arquitectura, ARQ 5*

Análisis:	Arquitectura		
Código:	ARQ 5	Nivel:	N+14.48
Tipo:	Modificación de diseño	Ubicación:	C4-F5
			
REVIT			
			
CAD			
Descripción: No existe acceso a terrazas verdes			
Clasificación: Baja			
Involucrados: Arquitecto Constructor Cliente Ing. Estructural			
Solución: Se decide colocar una puerta en ambas alas del edificio, para tener acceso a terrazas verdes y a las escaleras externas			
Comentario:			

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Tabla 3.6*Informe de inconvenientes arquitectura, ARQ 6*

Análisis:	Arquitectura		
Código:	ARQ 6	Nivel:	N11.24 y N+14.48
Tipo:	Error espacial	Ubicación:	A4-C5 y E4-I5
			
REVIT			
Descripción: Losa no cubre por completo el piso de abajo las aulas A11 y A12 en ambas alas del edificio.			
Clasificación: Crítico			
Involucrados: Arquitecto Constructor Cliente Ing. Estructural			
Solución: Se decide prolongar la losa de N+14.48 en 2.65 m para que cubra el piso inferior N+11.24			
Comentario: Este error si no se detecta a tiempo podría acarrear en cambios de diseño arquitectónico y estructural			

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

3.2.1.2 Modelación estructural

La modelación estructural es basada en la Guía de usuarios BIM (Documento 5. Diseño estructural, 2014) y (Singapore BIM Guide, 2013), este último sugiere si el modelo estructural 3D es grande se puede dividirlo en diferentes partes para hacerlo más manejable, en este caso se hizo un modelo de cimentación y un modelo de la estructura metálica, evitando una ralentización del programa y disminuyendo el tamaño del archivo.

1. Se abre el modelo arquitectura, para analizarlo.

Con el modelo arquitectónico el ingeniero estructural hace un análisis para determinar la ubicación, tamaño, material y forma de los elementos estructurales preliminares, en base a un cálculo estructural.

2. Se crea un modelo estructural con una plantilla estructural.
3. Se vincula el modelo arquitectura con el modelo estructural.

Para ello, en la banda <Gestionar>. Seleccionamos <Gestionar vínculos>.

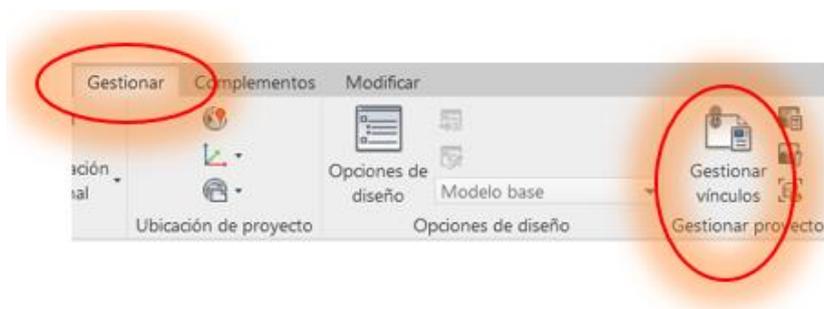


Figura 3.31. Gestionar vínculos

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Se abrirá una ventana, en la pestaña <REVIT>, clicar en <Añadir>. Seleccionar el archivo del modelo arquitectónico hecho anteriormente <Arquitectura aprobado coordinacion.rvt>. Inmediatamente se cargará el archivo.

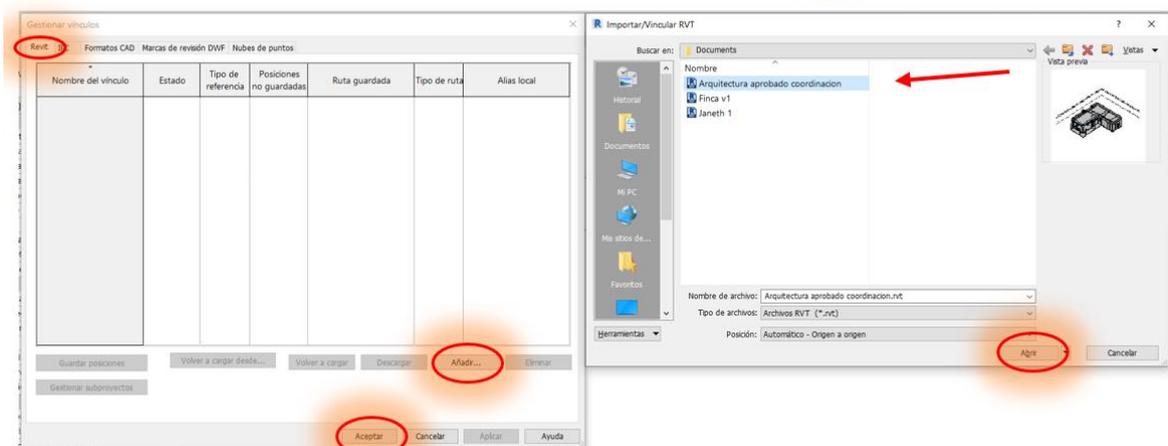


Figura 3.32. Agregar vínculos

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

En la banda <Colaborar>. Seleccionar <Copiar/Supervisar>. Click en <Seleccionar vínculo>. Click en el modelo recientemente abierto.



Figura 3.33. Seleccionar vinculo

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Abrir <Configuración>, esta opción permite reasignar los elementos y clasificar los que desea copiar o no, una vez hecho, <Aceptar>.

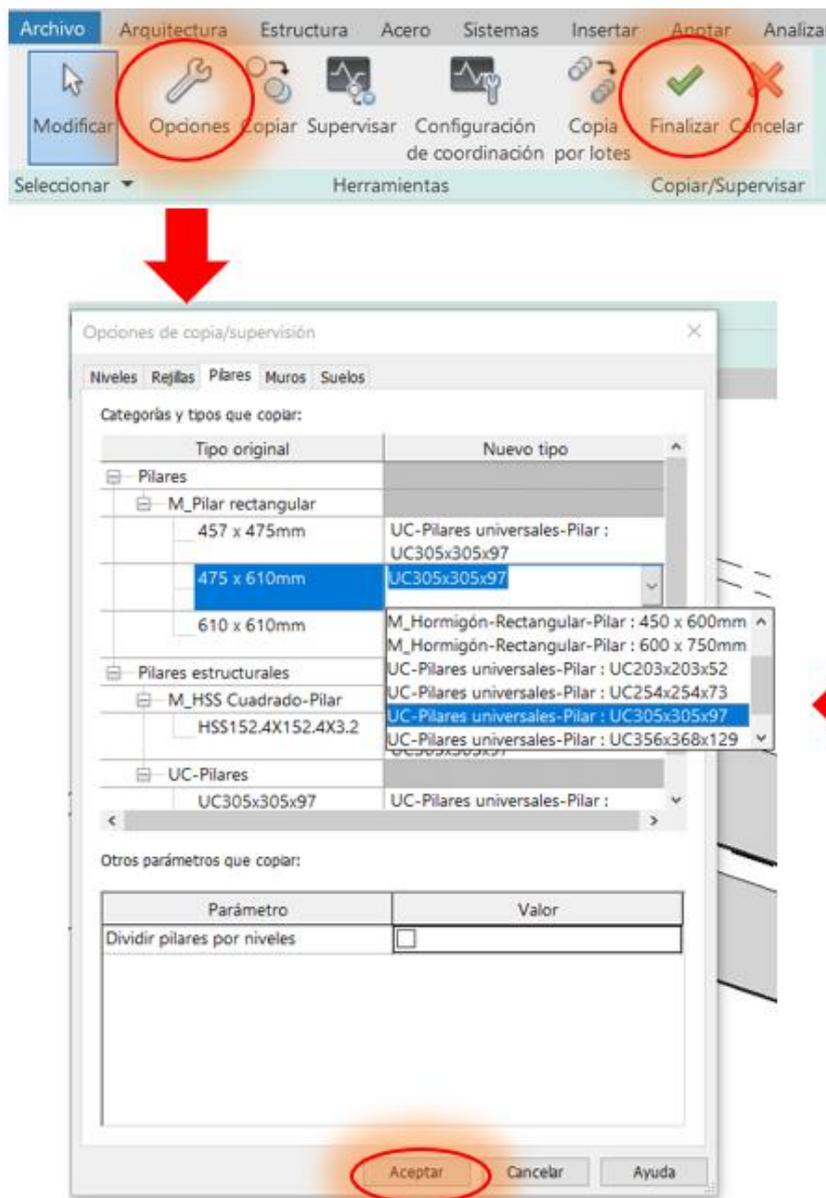


Figura 3.34. Configuración de elementos a vincular

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Ahora se seleccionan los elementos que se necesitan en el modelo estructural, como por ejemplo losa, columnas, muros que se requieran en el modelo estructural. Se puede saber que el elemento fue copiado con éxito al modelo estructural cuando aparece el símbolo de vinculación señalado. Una vez seleccionados todos los elementos <Finalizar>.

En la figura 3.35 se aprecia dos columnas: una columna cuadrada de color azul pertenece al modelo arquitectónico y una columna sección 'I' color blanca

correspondiente al modelo estructural, esto se da porque al vincular los elementos se cambió la sección cuadrada por la sección 'I', para visualizar el cambio, esto solo repercute en el modelo actual: modelo estructural.

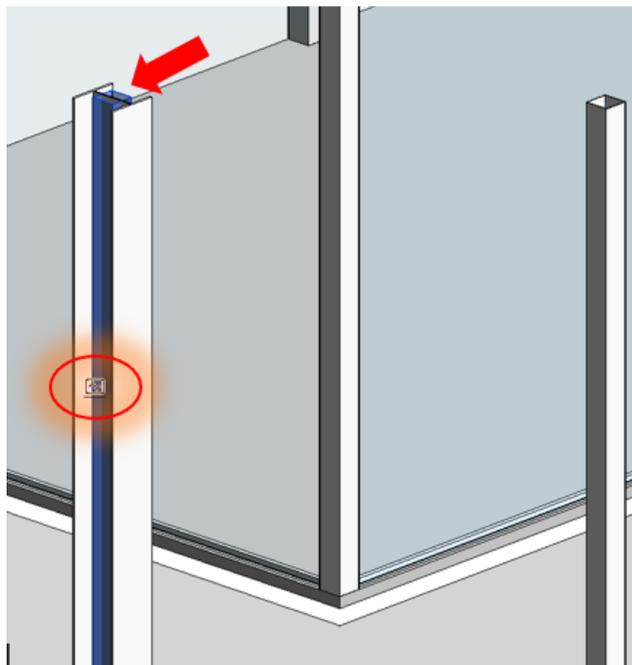


Figura 3.35. Vinculación de elementos

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

En este punto se tiene dos modelos en pantalla, modelo arquitectura de color azul (señalado) y estructural color blanco. Ver figura 3.36.

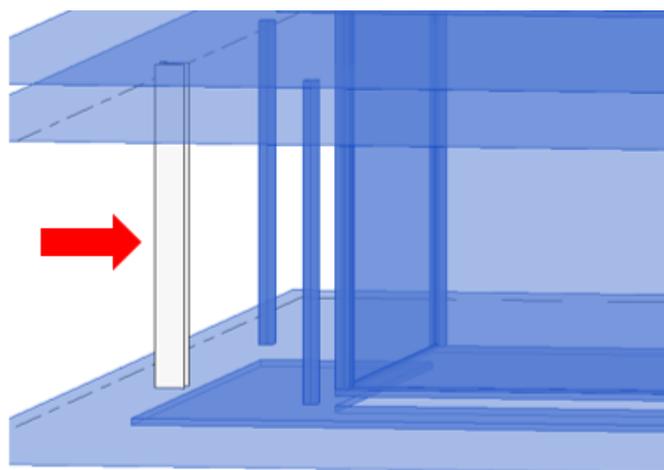


Figura 3.36. Modelo arquitectónico y estructural

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Para quitar el modelo arquitectónico, se procede a:

En la banda <Gestionar>. Seleccionamos <Gestionar vínculos>. Se abrirá una ventana, en la pestaña <REVIT>, clickear el archivo del modelo arquitectura <Arquitectura aprobado coordinacion.rvt>. Inmediatamente se aparecerá <Eliminar> esto quitará el archivo.

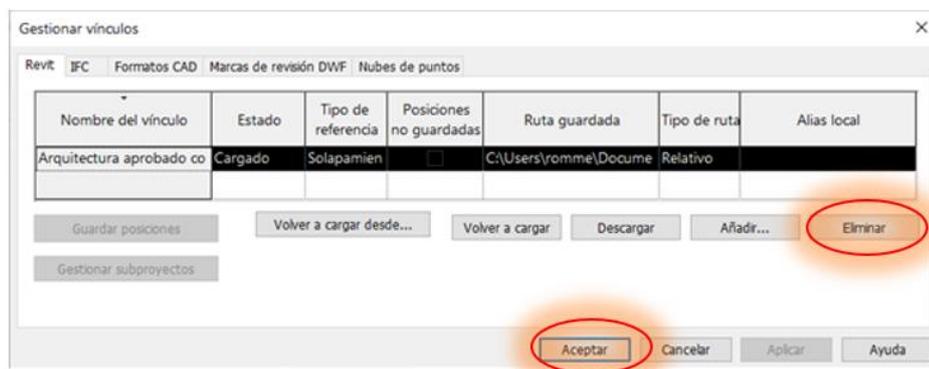


Figura 3.37. Eliminar vínculo

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

4. Fin de la coordinación.

Ahora se tiene el modelo estructural coordinado con el modelo arquitectónico ejes, niveles, columnas, losas y muros, en su misma ubicación.

El siguiente paso será cambiar o agregar las dimensiones, materiales o ubicación de los elementos, pero dentro del modelo estructural.

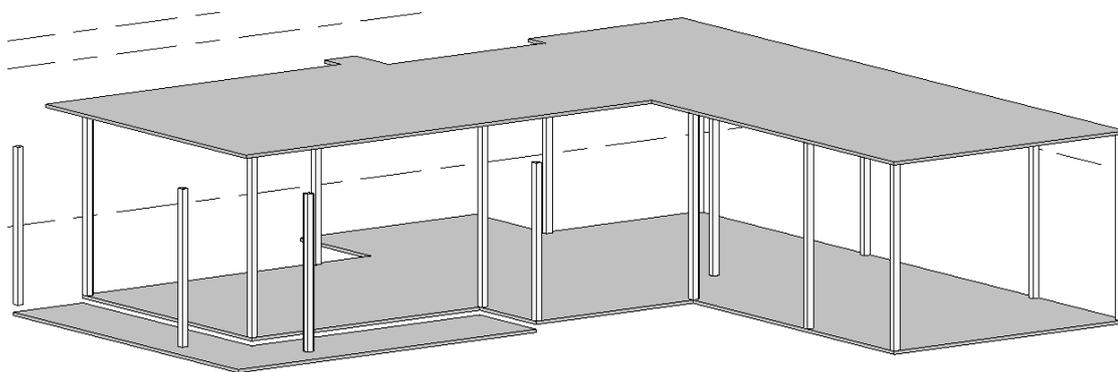


Figura 3.38. Finalización de coordinación

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

5. Colocación de vigas.

Situarse en la vista <Nivel 1>. En la banda de <Estructura>. Click en <Viga> y se abre la sección de edición. En <Propiedades> se escoge la familia de la viga a usar por ejemplo <Hormigón Viga Rectangular 300x600mm>. Con el cursor se selecciona los lugares donde se colocarán las vigas. Para salir de la edición, oprimir <Esc>.



Figura 3.39. Colocación de vigas

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

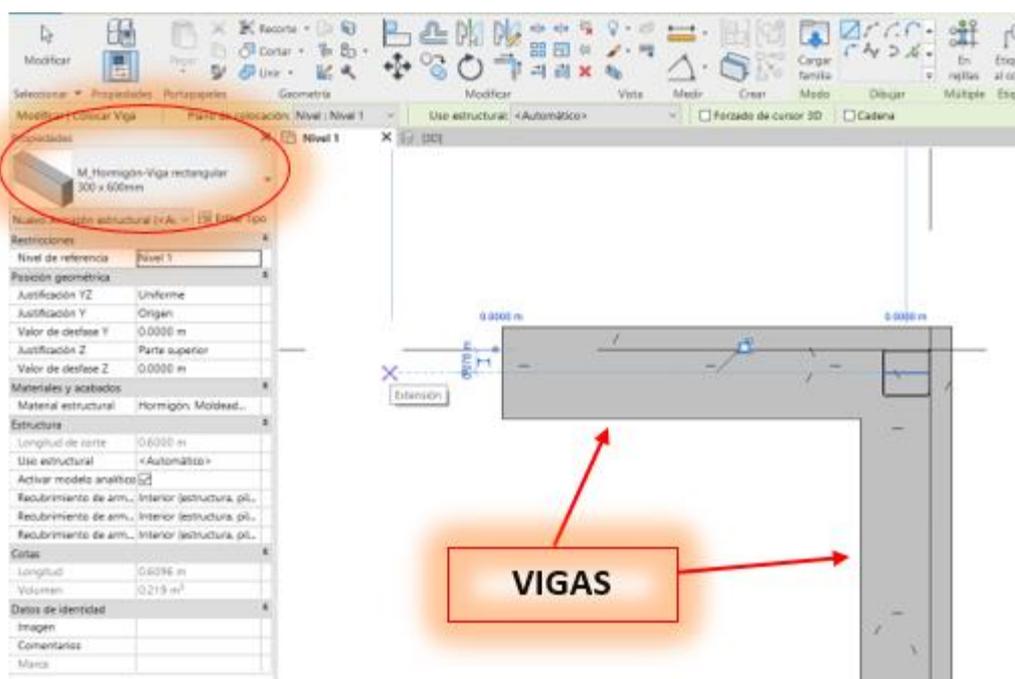


Figura 3.40. Colocación de vigas 2

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

6. Colocación de zapatas.

Situarse en la vista <Nivel de cimentación>. En la banda de <Estructura>. En la sección <Cimentación>. Click en <aislada> y se abre la sección de edición. En <Propiedades> se escoge la familia de la cimentación a usar, por ejemplo <Zapata Rectangular 1800x1200x45mm>. Con el cursor se selecciona los lugares donde colocarán las zapatas. Para salir de la edición, oprimir <Esc>.

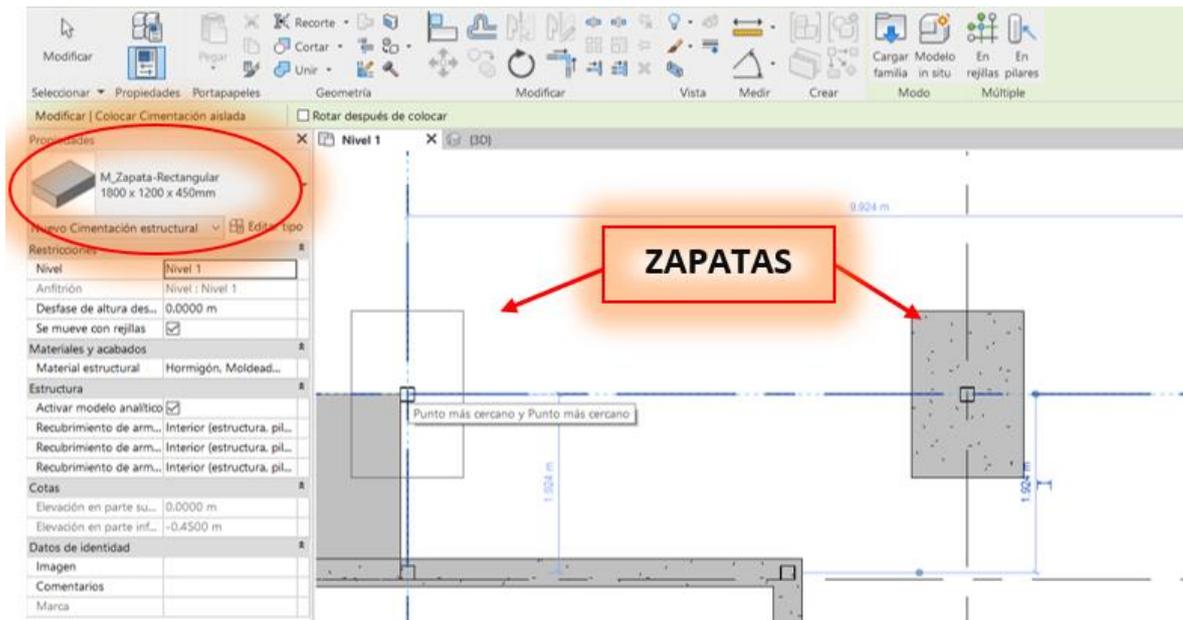


Figura 3.41. Colocación de zapatas

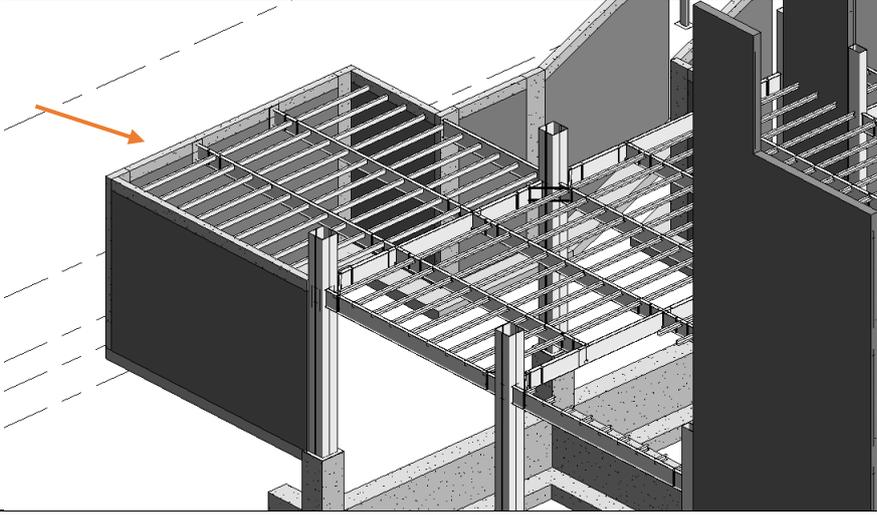
Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

7. Colocación de columnas y muros es semejante al procedimiento realizado en la modelación arquitectónica. Ver más atrás figura 3.29, página 54.

Durante el proceso de modelación estructural basado en el modelo arquitectónico se pudieron encontrar los siguientes inconvenientes que se resumen en un formato basado en (Silva, Estudios especiales red contra incendios, 2015) donde se detalla el inconveniente, las personas involucradas, imagen referencial, ubicación del problema, solución y comentario. En la siguiente tabla, se resume las interferencias entre los modelos. La creación y modificación de las vigas metálicas se encuentra en el ANEXO II.

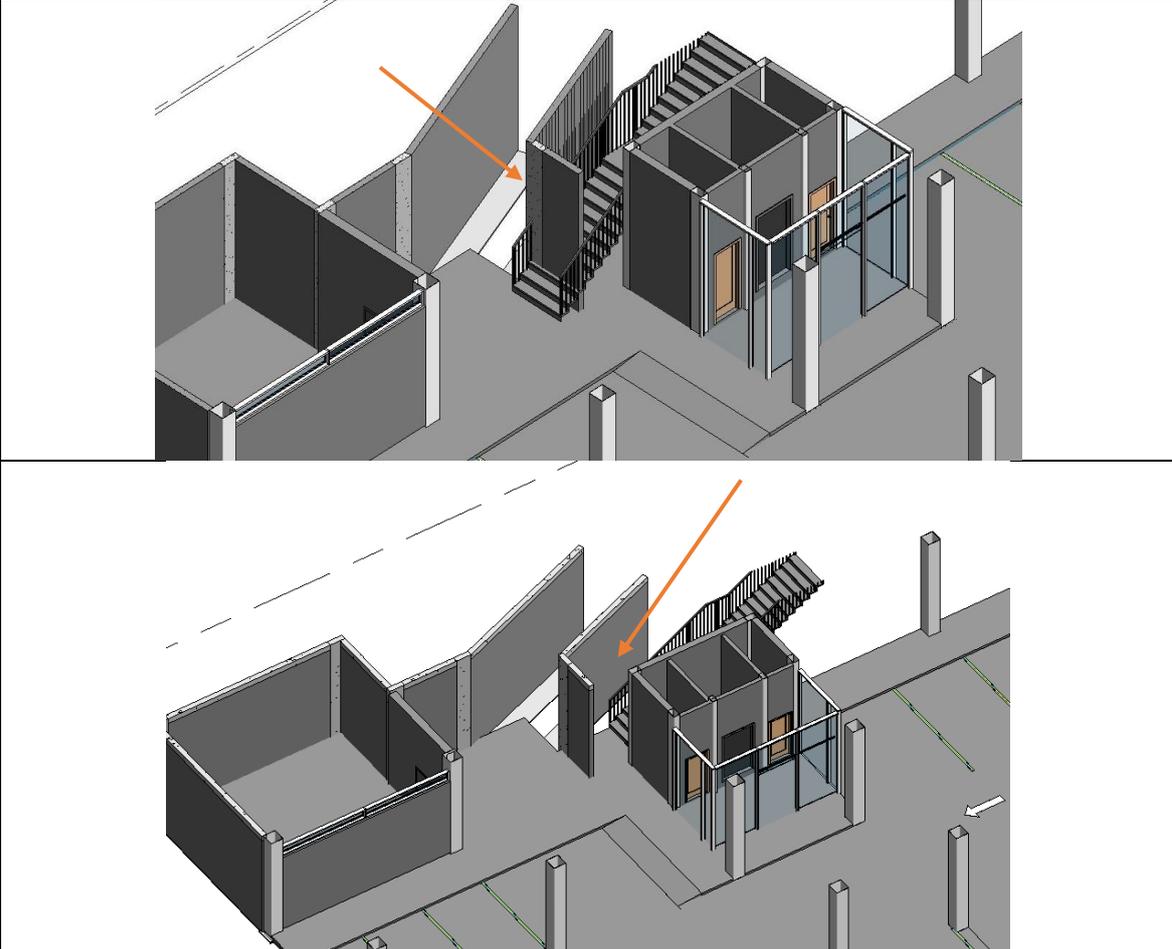
Tabla 3.7*Informe de inconvenientes estructura, EST 1*

Análisis:	Estructura		
Código:	EST 1	Nivel:	N+0.00
Tipo:	Error espacial	Ubicación:	A1-AZ-BZ-BY
			
REVIT			
Descripción: No existe detalle de conexión de correas con muro estructural C9			
Clasificación: Moderada			
Involucrados: Ing. Estructural-Constructor-Cliente			
Solución: Se colocan las correas embebidas en el muro			
Comentario: Aunque si existen detalles para unir un muro estructural con una viga metálica, no hay detalle de cómo se une la correa al muro			

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

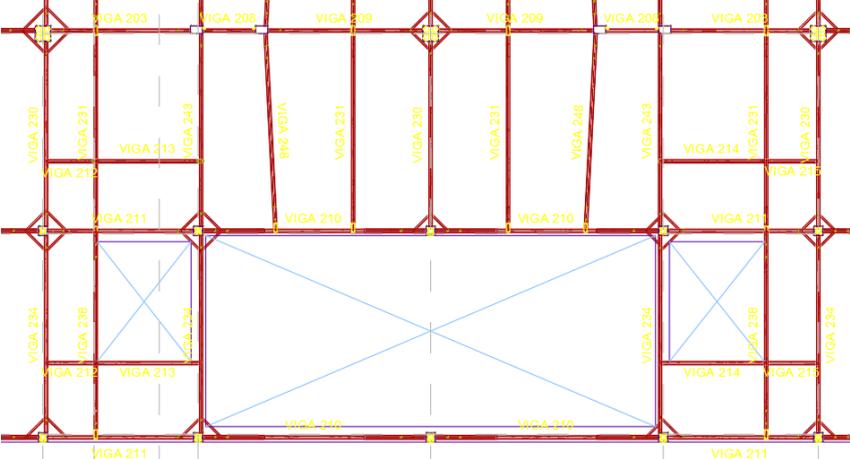
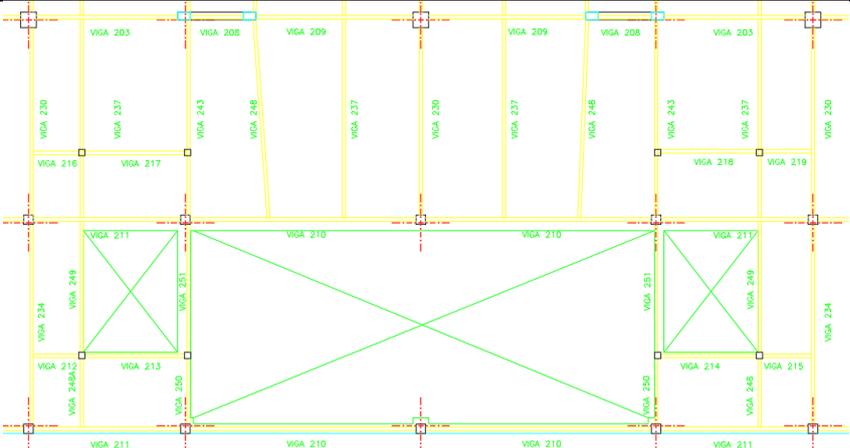
Tabla 3.8*Informe de inconvenientes estructura, EST 2*

Análisis:	Estructura - Arquitectura		
Código:	EST 2	Nivel:	N+0.00
Tipo:	Error espacial	Ubicación:	C1-DY
			
REVIT			
Descripción: Problema y solución del muro estructural bloquea las escaleras que permiten subir al N+4.60m			
Clasificación: Crítica			
Involucrados: Ing. Estructural-Constructor-Cliente-Arquitecto			
Solución: Se decide mover las escaleras 2,10 m hacia la derecha, para permitir el paso como se ve en la imagen de la derecha			
Comentario: Dado que el muro estructural se construye primero se podría haber visto en obra y corregir posteriormente, caso contrario generaría costos adicionales a la obra			

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

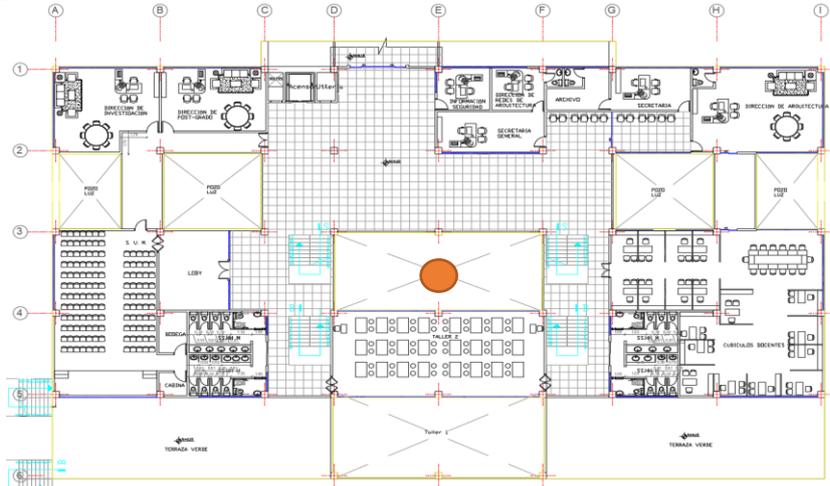
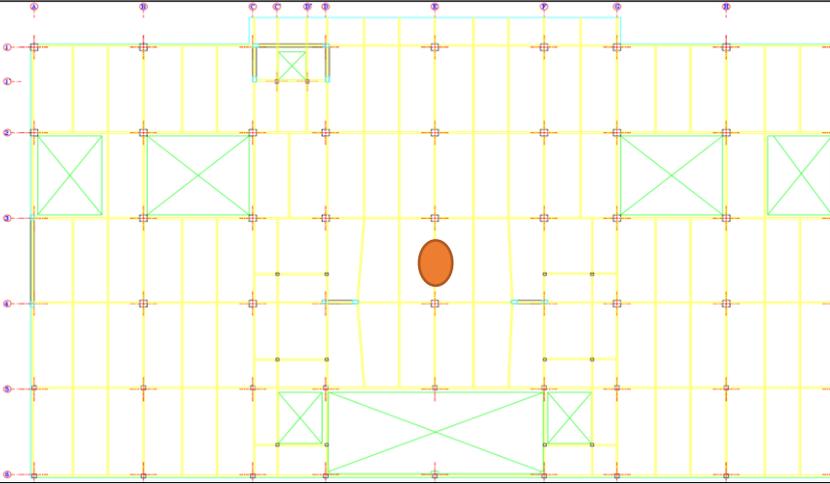
Tabla 3.9*Informe de inconvenientes estructura, EST 3*

Análisis:	Estructura - Arquitectura		
Código:	EST 3	Nivel:	N+8.00
Tipo:	Modificación de diseño	Ubicación:	Vigas
			
REVIT			
			
CAD			
Descripción: La viga 249 y viga 248A no tienen continuidad. 2. La viga 249 y viga 248 no tienen continuidad. 3. La viga 250 y viga 251 no tienen continuidad			
Clasificación: Crítico			
Involucrados: Ing. Estructural Constructor Cliente			
Solución: Se cambia por una viga de igual sección, viga 239. 2. Se cambia por una viga de igual sección, viga 239. 3. Se cambia por una viga de igual sección, viga 238			
Comentario: La continuidad en una viga es importante para un mejor desempeño estructural, estas vigas "cortas" se encontraban alrededor del pozo de la escalera			

Fuente: Andrade, 2019

Elaboración: Andrade, 2019

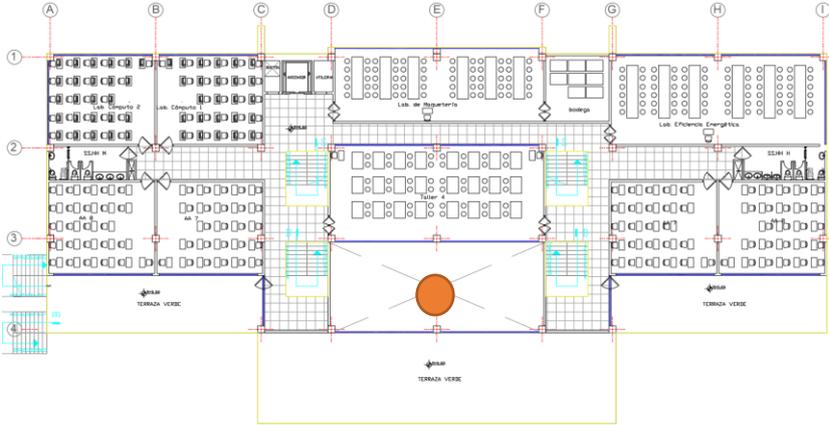
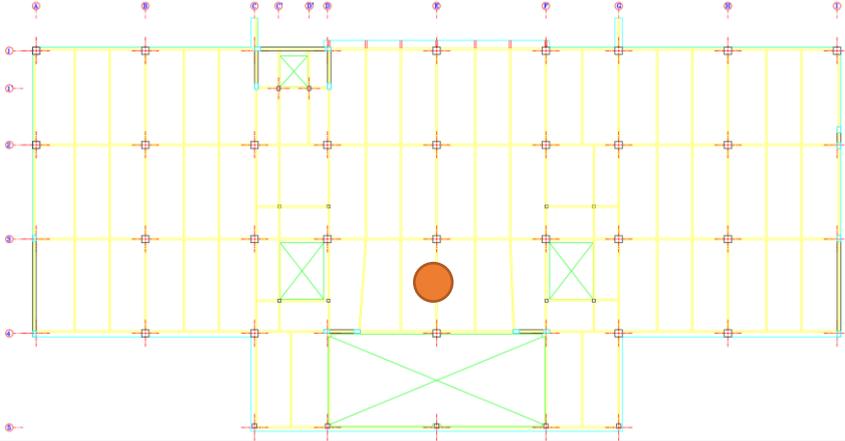
Tabla 3.10*Informe de inconvenientes estructura, EST 4*

Análisis:	Estructura - Arquitectura		
Código:	EST 4	Nivel:	N+8.00
Tipo:	Deficiencia de Coordinación	Ubicación:	D3-F3 y D4-F4
			
Arquitectura CAD			
			
Estructura CAD			
Descripción: En el diseño arquitectónico original existe un pozo D3-F3 y D4-F4, sin embargo, en diseño estructural no fue considerado por lo que existen vigas metálicas			
Clasificación: Crítica			
Involucrados: Ing. Estructural-Constructor-Cliente-Arquitecto			
Solución: Se crea una nueva aula, se quita el ventanal y se coloca una pared en los siguientes ejes D4-F4, D3-D4, F3-F4 y dos puertas. Se coloca ventanal D3-F3. Se colocó losa en el pozo y se creó un aula en el modelo arquitectónico			
Comentario: Luego de coordinar ambos modelos se pudo encontrar estas falencias			

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

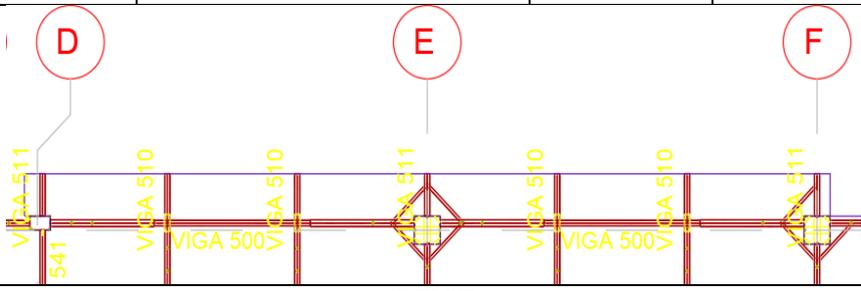
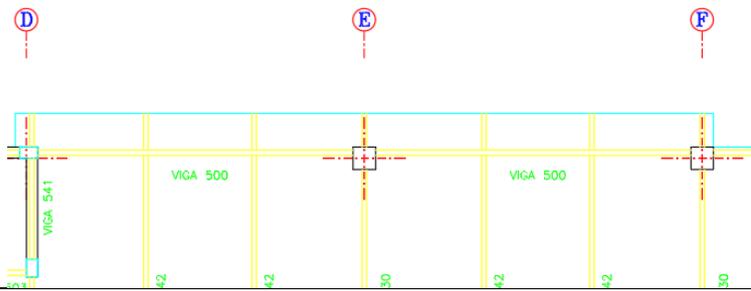
Tabla 3.11*Informe de inconvenientes estructura, EST 5*

Análisis:	Estructura - Arquitectura		
Código:	EST 5	Nivel:	N+14.48
Tipo:	Deficiencia de Coordinación	Ubicación:	
			
Arquitectura CAD			
			
Estructura CAD			
<p>Descripción: En el diseño arquitectónico existe un pozo en los ejes D3-F3 y D4-F4, sin embargo, en diseño estructural no fue considerado por lo que existen vigas metálicas. Dicho pozo se movió en el plano estructural a los ejes D4-F4 y D5-F5</p>			
Clasificación: Crítica			
Involucrados: Ing. Estructural-Constructor-Cliente-Arquitecto			
<p>Solución: Se decide crear vigas de sección I y colocarlas en el pozo de luz, esto quiere decir que no habrá pozo de luz en este nivel N+14.48 m, entonces se creó un aula en el modelo arquitectónico y se quita el ventanal D3-F3 y se coloca una pared para crear un aula. Ver plano arquitectónico A7 en anexos</p>			
<p>Comentario: Luego de coordinar ambos modelos se pudo encontrar estas falencias además la vista 3D ayuda a la toma de mejores decisiones</p>			

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

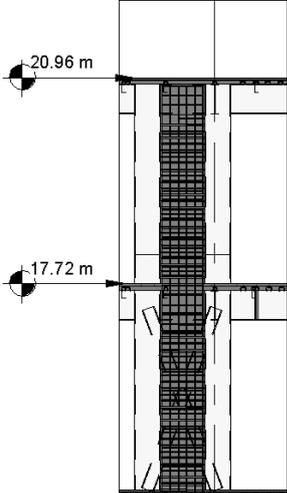
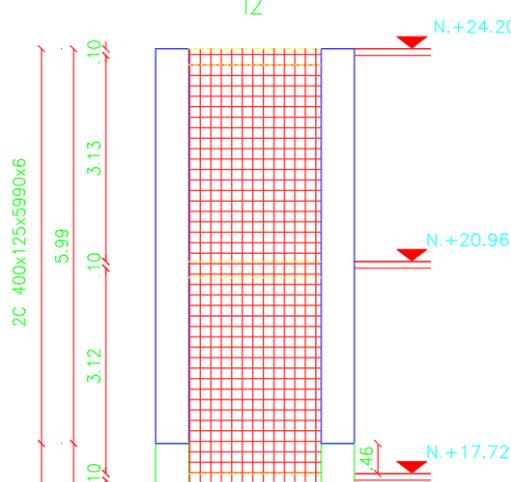
Tabla 3.12*Informe de inconvenientes estructura, EST 6*

Análisis:	Estructura		
Código:	EST 6	Nivel:	N+17.72
Tipo:	Modificación de diseño	Ubicación:	Muro I2
			
REVIT			
			
CAD			
Descripción:			
Vigas de volado de la fachada D1 hasta F1 no existen			
Clasificación:			
Moderada			
Involucrados:			
Ing. Estructural-Constructor-Cliente			
Solución:			
Se crea vigas para el volado de la fachada de igual sección a viga 635 y viga 638			
Comentario:			
Aunque las vigas están dibujadas como se ve en la imagen de la derecha, no existe el detalle del tipo se sección a usar			

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

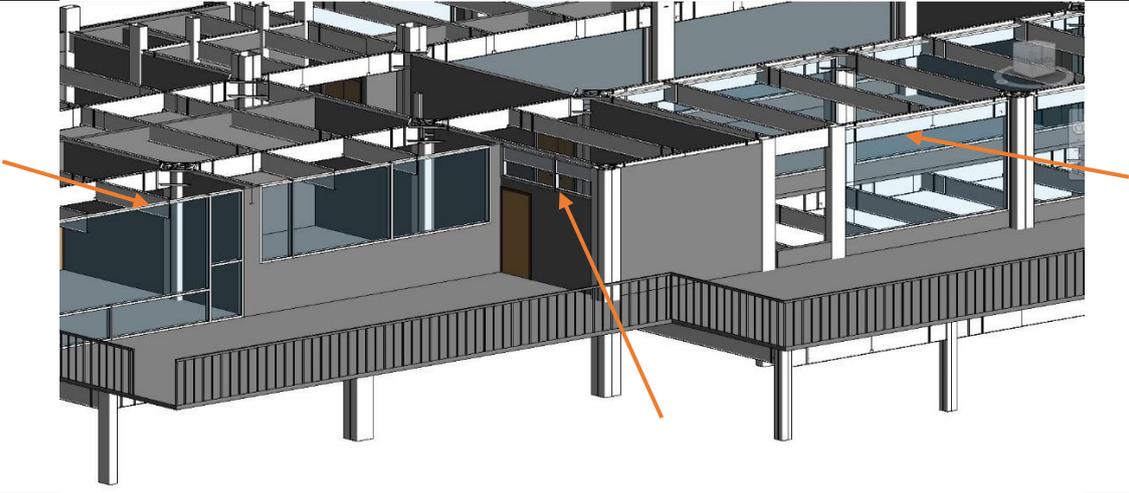
Tabla 3.13*Informe de inconvenientes estructura, EST 7*

Análisis:	Estructura		
Código:	EST 7	Nivel:	N+20.96
Tipo:	Error espacial	Ubicación:	Muro I2
 <p>REVIT</p>			
 <p>CAD</p>			
Descripción: Muro estructura I2 termina a nivel N+24.20 m según los planos estructurales originales			
Clasificación: Crítica			
Involucrados: Ing. Estructural-Constructor-Cliente			
Solución: Se determina con el modelo estructural 3D que el muro estructural I2 termina en el nivel N+20.96 m			
Comentario: El muro estructural se pasa del nivel, entre N+20.96 m y N+24.20 no existen paredes solo existe la terraza			

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Tabla 3.14*Informe de inconvenientes estructura, EST 8*

Análisis:	Estructura – Arquitectura		
Código:	EST 8	Nivel:	Todos los niveles
Tipo:	Error espacial	Ubicación:	Ventanas
			
REVIT			
Descripción: Las vigas colisionan con las ventanas en todos los niveles			
Clasificación: Moderado			
Ing. Estructural-Constructor-Cliente-Arquitecto			
Solución: Se decide bajar el ante pecho a una altura variable en cada caso para que no colisionen las vigas y ventanas			
Comentario:			

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

3.2.1.3 Modelación MEP

Revit permite la modelación de las disciplinas mecánicas, eléctricas y plomería en un solo archivo, pero cada una de ellas se deberían modelar en archivos separados si fuese un proyecto grande o si intervienen diferentes profesionales. Estos modelos MEP deben estar siempre vinculados a las otras especialidades. Ver figura 3.17, página 45.

En este proyecto no hubo la necesidad de dividir las tres disciplinas en diferentes archivos, ya que no existen muchos elementos a modelar. Se usó la Guía de usuarios BIM de (Documento 4. Diseño de Instalaciones MEP, 2014)

Para los tres modelos se utilizó como base el modelo arquitectónico debido a que en dicho modelo se encuentran las divisiones de los diferentes ambientes, de especial interés los servicios higiénicos que cuentan con inodoros, lavamanos y urinarios.

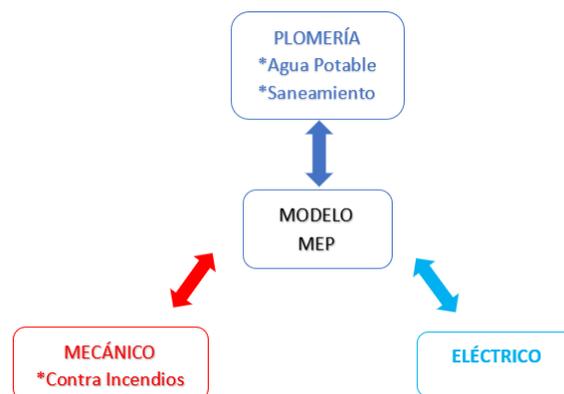


Figura 3.42. Diagrama de modelo MEP

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Para la modelación MEP 3D, se hizo lo siguiente:

1. Inicio del modelo MEP

Se copia el modelo arquitectónico final validado para la coordinación y se cambia el nombre <Instalaciones.rvt>.

2. Configuración del entorno de trabajo.

Esta configuración se puede aplicar para proyectos pequeños como una casa, en el que se puede manejar todas las disciplinas en un solo archivo. Pero en esta

ocasión se utilizará para unir todas las disciplinas de instalaciones: mecánicas, eléctricas y plomería.

Se abre el archivo <Instalaciones.rvt>. En la banda <Vista>, selecciona <Interfaz de usuario>, click en <Organización del navegador>.

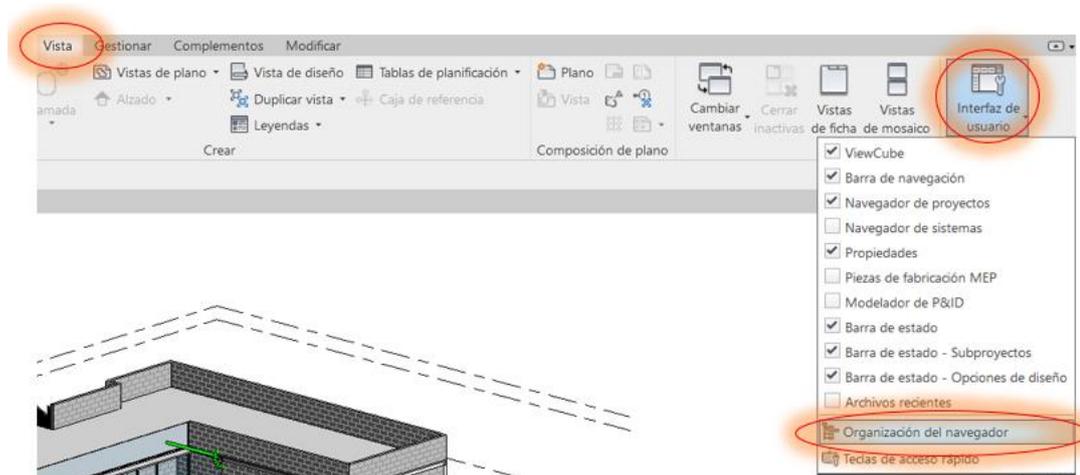


Figura 3.43. Organización del navegador

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Se abrirá una ventana. En <Vistas> dar check en <Disciplinas> y <Aceptar>.

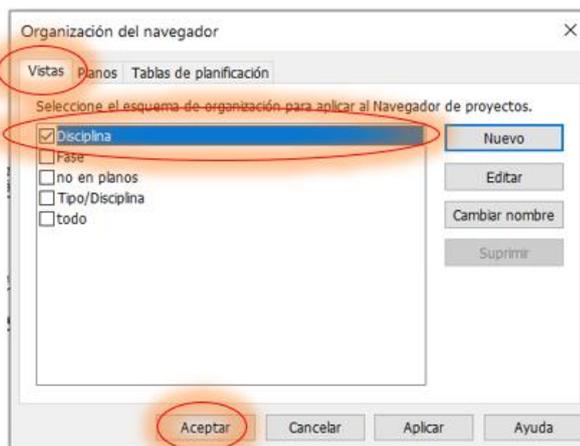


Figura 3.44. Organización del navegador por disciplina

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Esta configuración cambiará al navegador de proyectos y mostrará las vistas en planta, alzados, 3D, recorridos y demás filtrado por disciplina.

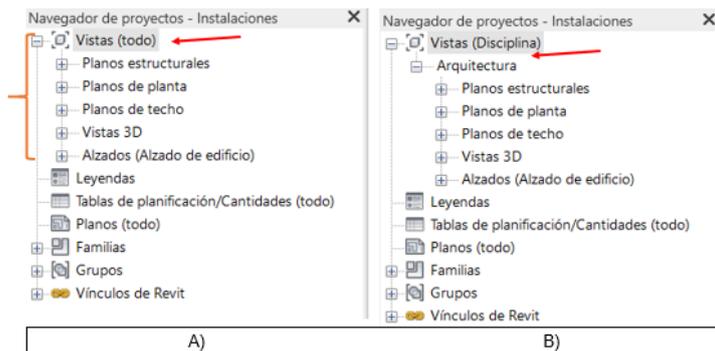


Figura 3.45. Navegador de proyectos. A) Vista todos
B) Vista por disciplina

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

3. Duplicar vistas

En <Navegador de proyectos>. <Planos de planta>, click derecho en <Nivel 1> y seleccionar <Duplicar vista> <Duplicar>.

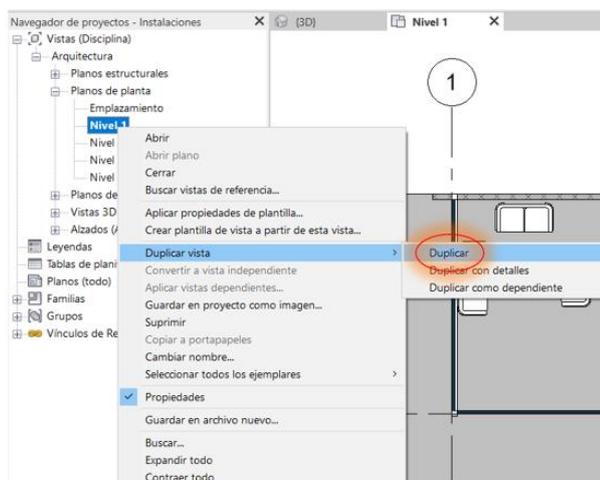


Figura 3.46. Duplicar vistas

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Ahora en <Nivel 1 Copia>. En propiedades <Gráficos> <Disciplina> se escoge <Fontanería> <Aplicar>. Se repite las mismas operaciones para todos los niveles de plana, alzados, 3D y vistas a ocupar. Ver figura 58.

El modelo MEP transparenta elementos como muros, losas, sillas y demás elementos no necesarios para este modelo, dejando solo elementos indispensables

como por ejemplo los inodoros, lavamanos, duchas, ya que el objetivo es poder apreciar mejor las tuberías durante el proceso de modelado y sus conexiones. En la figura 3.48, los elementos resaltados son los únicos que se pueden editar, copiar, mover en este tipo de modelo.

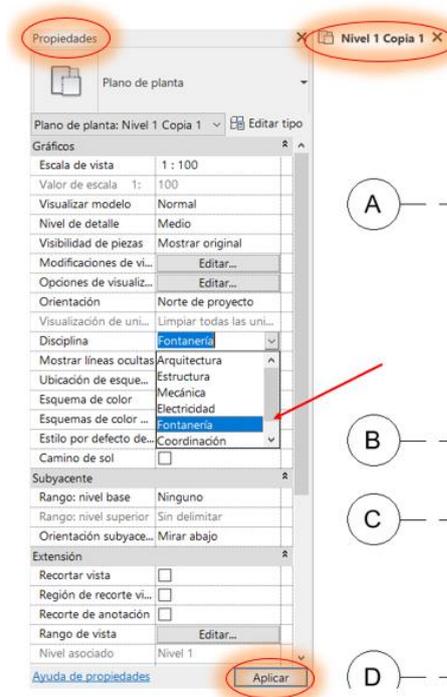


Figura 3.47. Cambio de disciplina

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020



Figura 3.48. 3D Plomería

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

4. Colocación de tuberías.

Se edita o descarga las familias de tuberías que pueden servir para agua potable, saneamiento, contra incendios, conducir cables y accesorios contra incendios necesarios.

En la vista <Nivel 1>. En la banda <Sistemas>. Click en <tubería>. Se abre la habilita la sección de edición. Permitirá colocar las tuberías necesarias. Se puede editar el ángulo de los accesorios, el material de la tubería, especificar tipo de flujo, diámetro, color y otros tipos de datos que el modelador crea conveniente asignar.

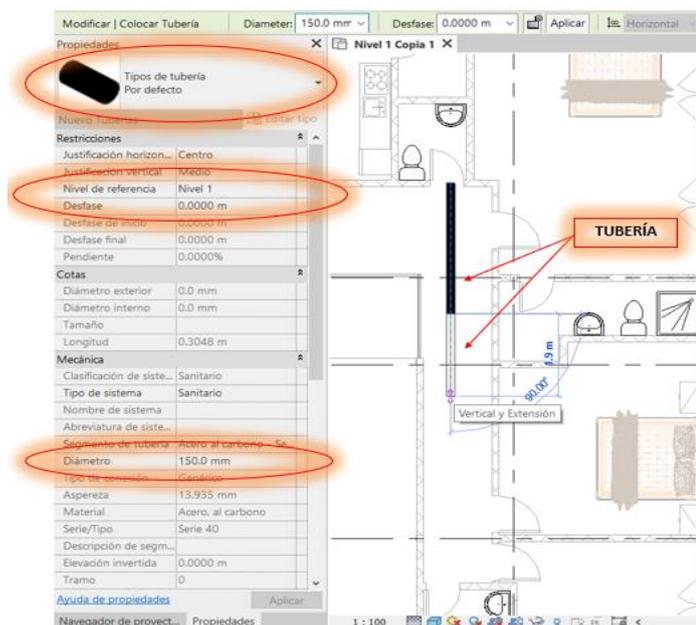


Figura 3.49. Colocación de tubería

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

5. Colocación de equipos eléctricos.

La colocación de luminarias, enchufes, interruptores, cajas térmicas se colocan de forma similar a lo explicado anteriormente en la página 54, en referencia a la figura 3.30.

Durante el proceso de modelación contra incendios, plomería y eléctrica basándose en el modelo arquitectónico se pudieron encontrar los siguientes inconvenientes que se resumen en un formato basado en (Silva, Estudios especiales red contra incendios, 2015) donde se detalla el inconveniente, las personas involucradas, imagen referencial, ubicación del problema, solución y comentario.

Tabla 3.15*Informe de inconvenientes estructura, PLOM 1*

Análisis:	Estructura – Arquitectura – Plomería		
Código:	PLOM 1	Nivel:	Todos los niveles
Tipo:	Error espacial	Ubicación:	B.A.LL y B.A.S
			
REVIT			
Descripción: Las bajantes de aguas lluvias o servidas están cerca de una columna que en muchos de los casos a traviesan otros elementos como puertas, vigas metálicas, en medio pasillo, ventanas			
Clasificación: Moderada			
Involucrados: Ing. Estructural-Constructor-Cliente-Arquitecto-Ing. Sanitario			
Solución: Por el modelo 3D se pudo determinar por donde bajan las tuberías y que elementos afectan, se sugiere colocar un tramo de muro arquitectónico que recubra el tubo o modificar la bajante			
Comentario:			
El mismo problema y solución se dio para la tubería contra incendios			

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Tabla 3.16

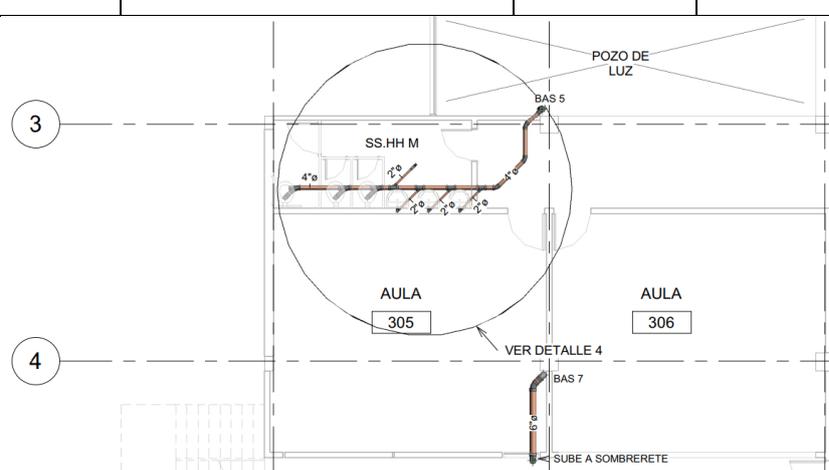
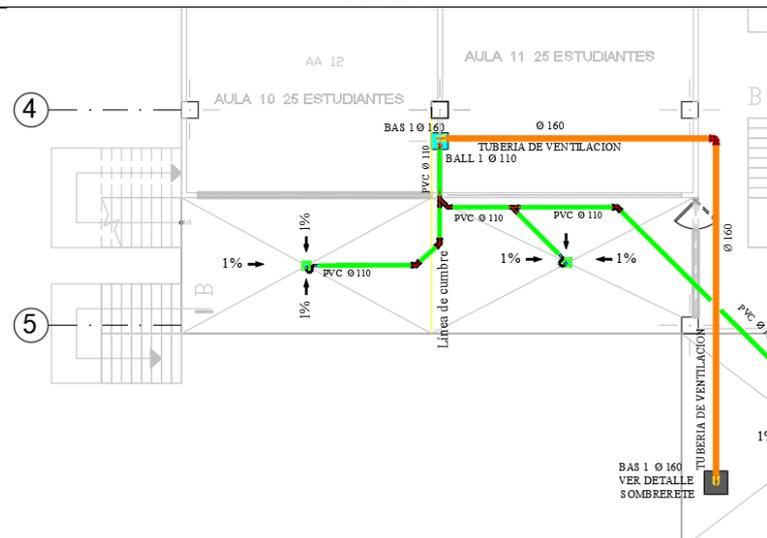
Informe de inconvenientes estructura, PLOM 2

Análisis:	Estructura – Plomería		
Código:	PLOM 2	Nivel:	N+8.00
Tipo:	Modificación de diseño	Ubicación:	C5-D6 y F5-G6
REVIT			
CAD			
Descripción: Debido al cambio arquitectónico realizado en ARQ 3			
Clasificación: Moderada			
Involucrados: Ing. Estructural-Constructor-Cliente-Ing. Sanitario			
Solución: Se elimina las tuberías de desagüe de aguas lluvias de dichos ejes			
Comentario:			

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Tabla 3.17*Informe de inconvenientes estructura, PLOM 3*

Análisis:	Estructura – Plomería		
Código:	PLOM 3	Nivel:	N+11.24
Tipo:	Falta de detalle	Ubicación:	A3-B4 en ambas alas
			
REVIT			
			
CAD			
Descripción: Incongruencia entre los isométricos de las tuberías sanitarias y los planos en planta			
Clasificación: Moderada			
Involucrados: Ing. Estructural-Constructor-Cliente-Ing. Sanitario			
Solución: Por la modelación 3D en tubería se modifica la tubería de ventilación basándose en los isométricos			
Comentario: La modelación 3D de las tuberías ayuda a visualizar de mejor manera por donde pasan las tuberías			

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

3.2.2 PLANIFICACIÓN 4D

Se optó en hacer la planificación del edificio por niveles, empezando por el nivel 0 de cimentación y finalizando con el nivel 8 de losa N+24.20 m. En esta etapa se unifican todas las disciplinas involucradas en el proyecto.

Con Navisworks, se hace una simulación 3D en función del tiempo, detección de interferencias, cronograma usando diagrama de Gantt. Previo a la simulación se debe configurar los elementos que se requieran en la simulación 3D en Revit. Los pasos se describen a continuación:

1. Planificación.

Se debe crear una planificación según lo requerido, de acuerdo al proceso de construcción real de la obra. En una hoja de cálculo, se detalla lo siguiente:

Tabla 3.18

Planificación por tareas

Identificador de tarea	Tipo	Descripción de tarea	Duración	Fecha de inicio	Fecha de culminación	Predecesora #1	Observación
34	Construcción	Nivel 0: Cimentación 0	11	1/1/19	15/1/19	0	Replanteo
01	Construcción	Nivel 0: Cimentación 1	15	16/1/19	5/2/19	34	Eje A largo
02	Construcción	Nivel 0: Cimentación 2	15	6/2/19	26/2/19	1	Eje B largo
03	Construcción	Nivel 0: Cimentación 3	15	27/2/19	21/3/19	2	Eje C largo
04	Construcción	Nivel 0: Cimentación 4	14	22/3/19	10/4/19	3	Eje D largo
05	Construcción	Nivel 0: Cimentación 5	14	11/4/19	1/5/19	4	Eje E largo
06	Construcción	Nivel 0: Cimentación 6	14	2/5/19	22/5/19	5	Eje F largo
07	Construcción	Nivel 0: Cimentación 7	14	23/5/19	12/6/19	6	Eje G largo
08	Construcción	Nivel 0: Cimentación 8	14	13/6/19	2/7/19	7	Eje H largo
09	Construcción	Nivel 0: Cimentación 9	15	3/7/19	23/7/19	8	Eje I largo

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Descripción de la tabla:

- Identificador de tareas: identifica la tarea y asigna un número a uno varios elementos.
- Tipo: Construcción, se construye in situ. También se puede asignar Demoler o Temporal de ser el caso.
- Duración: tiempo que dura la tarea asignada en días.

2. Creación y edición de parámetros.

Ahora se asigna un número que está relacionado con una tarea planificada. En Revit, en la banda <Gestionar>, <Configuración>, seleccionar <Parámetros compartidos>.

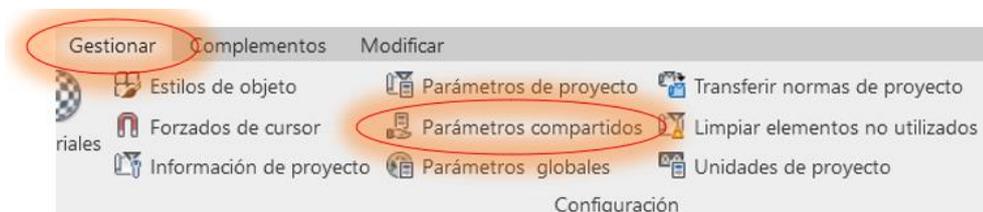


Figura 3.50. Parámetros compartidos

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

En la ventana de Editar parámetros compartidos, click en <Crear>: se debe crear un archivo de formato texto. Se coloca un nombre y se guarda en la carpeta de trabajo.

En la sección <Grupos>, seleccionar <Nuevo> y se crea un nombre <4D Planificación>, <Aceptar>. Luego en la sección <Parámetros>, click en <Nuevo> y se configura como se ve en la figura 3.51.

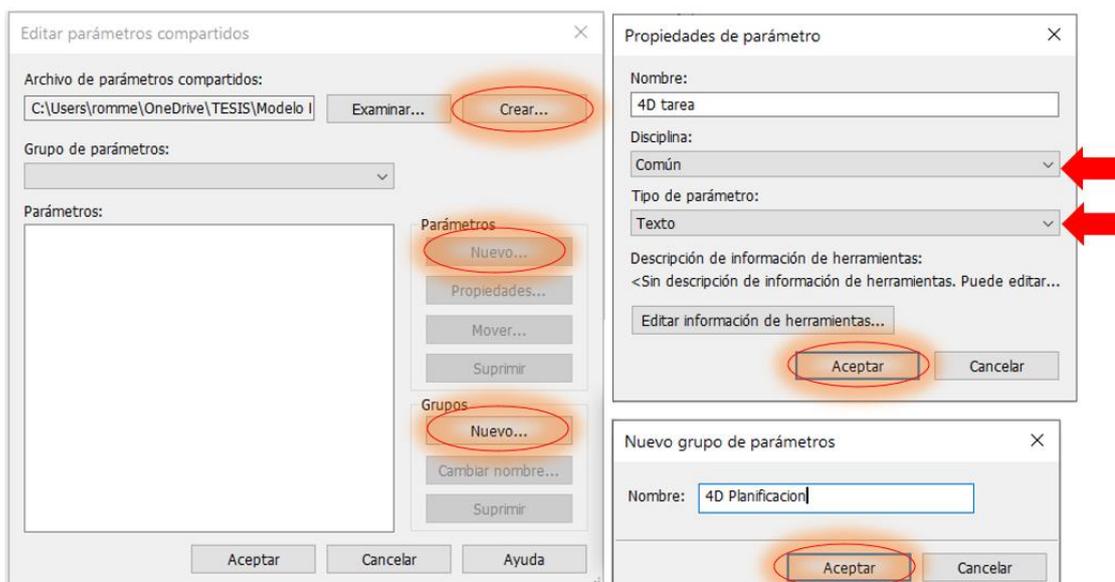


Figura 3.51. Editar parámetros compartidos

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Esta vez en la banda <Gestionar>, <Configuración>, click en <Parámetros de proyecto>.

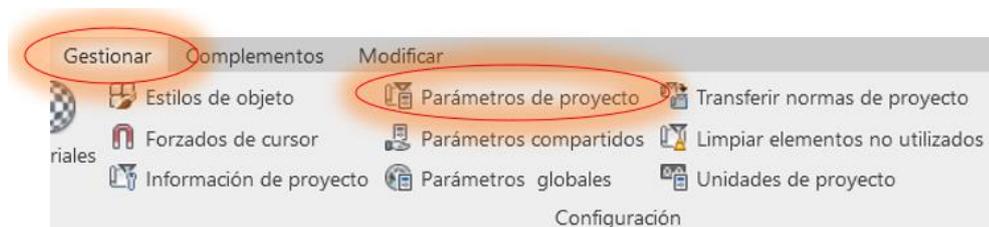


Figura 3.52. Parámetros de proyecto

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Se abre una ventana, y se configura tal como muestra la figura 64.

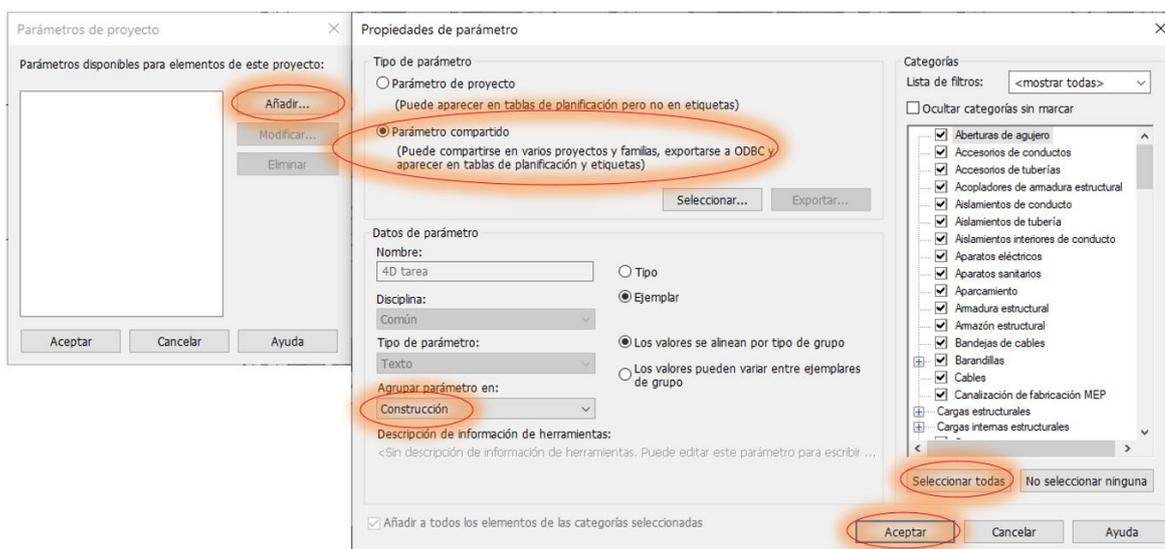


Figura 3.53. Configuración de parámetros de proyecto

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

3. Asignación de identificación de tarea

Ahora al seleccionar cualquier elemento se puede ver en propiedades una nueva sección de <Construcción> en la que se encuentra <4D tarea>, en este espacio se coloca el número identificador de tarea correspondiente al elemento o elementos. Este procedimiento se repite para todos los elementos de todas las disciplinas. En la figura 3.54, se puede ver el cambio ocasionado en las propiedades del elemento.

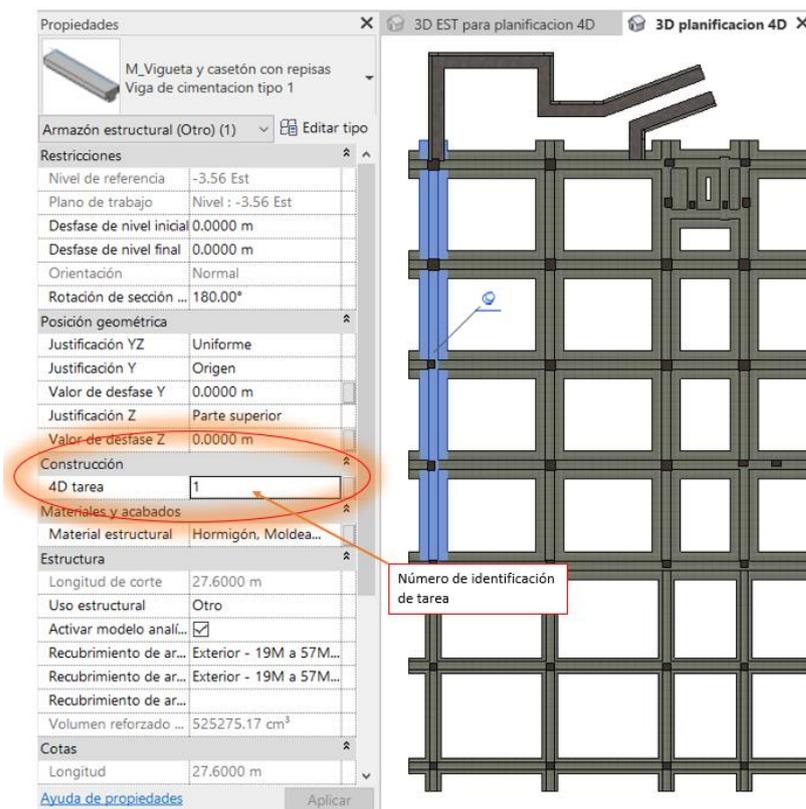


Figura 3.54. Propiedades de un elemento

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

4. Selección de la vista.

Se elige la vista 3D por defecto. Click derecho selecciona <Duplicar vista>, <Duplicar>. Cambiar el nombre a <3D Estructura para planificación 4D>, por ejemplo. En esta nueva vista, se filtran los elementos no necesarios para la simulación, quedándose los elementos que contengan una tarea. Como se puede apreciar en la figura 3.55 solo se encuentran columnas, vigas y losa, elementos como armadura estructural o mallas de refuerzo se ocultan de la vista 3D.

5. Exportación a Navisworks.

Situándose en la vista recientemente creada, click en <Archivo>, seleccionar <Exportar>, click en <NWC> y guardar. Se crea un archivo <Estructura.nwc>. Ver figura 3.56.

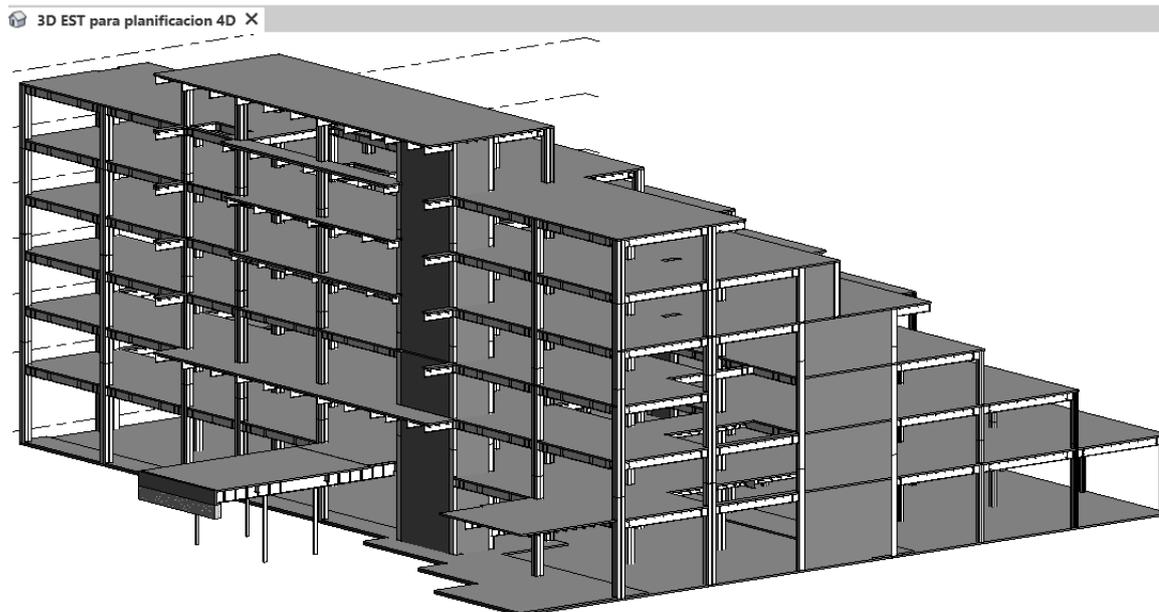


Figura 3.55. Vista 3D para planificación 4D

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020



Figura 3.56. Exportación de Revit a Navisworks

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Ejecutar Navisworks, se abre el archivo exportado anteriormente <Estructura.nwc>. Ver figura 3.57.

Luego click en <Archivo>, <Guardar>, esta vez el archivo se guardará en formato nwf, <Estructura.nwf>.

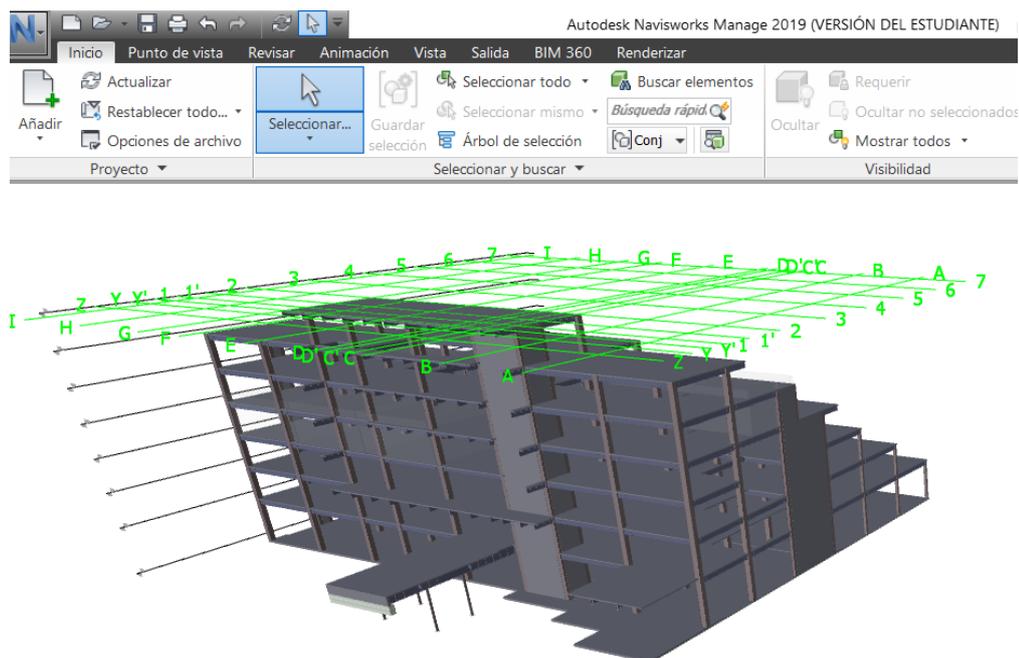


Figura 3.57. Modelo estructural exportado a Navisworks

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Se repiten los pasos del 2 al 5 para todas las ingenierías. Luego se unifica los modelos como se describe a continuación.

6. Anadir modelos

En Navisworks se pueden añadir modelos, para encontrar interferencias y planificar. Para ello, abrimos cualquier archivo de los creados anteriormente, <Estructura.nwf> y se puede agregar el modelo de instalaciones <Mecanico Electrico Plomeria.nwf>, <Cimentación.nwf>. Como se muestra en la figura 3.58. La incorporación de todas las especialidades se puede apreciar más adelante en la figura 3.59.

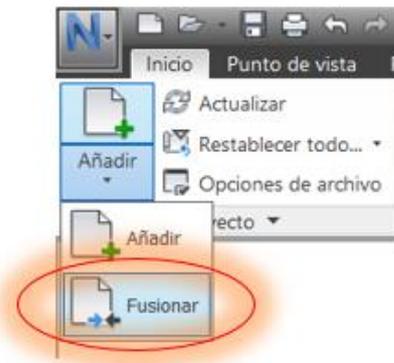


Figura 3.58. Añadir archivo

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

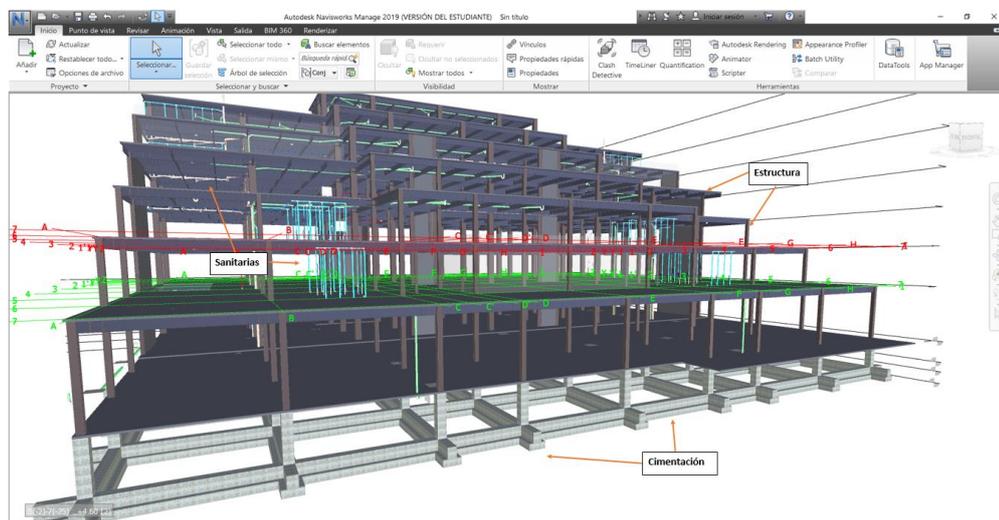


Figura 3.59. Incorporación de modelos

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

7. Detección de interferencias.

En la banda <Inicio>, <Herramientas> seleccionar <Clash Detective>.

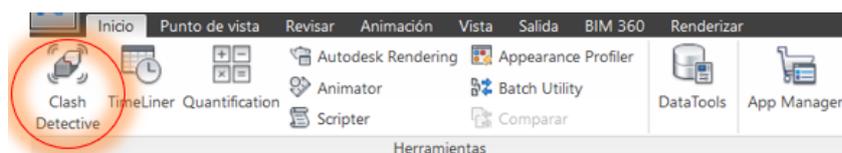


Figura 3.60. Detección de colisiones

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

En la siguiente ventana, seleccionamos <Añadir prueba>. Se puede crear pruebas, estas se realizan uno por uno, por ejemplo: Estructura contra Arquitectura, Agua Potable contra Estructura. En este caso serian 12 pruebas que se debe realizar. Para crear más pruebas click en <Añadir prueba>, y en las Secciones A y B se señala los modelos a analizar. Utilizar la configuración de la figura 3.61 y la ejecutar prueba.

A continuación, el programa mostrará una lista con las interferencias de los elementos. Existen dos tipos de interferencias, la primera interferencia necesaria: por ejemplo, tubería de aguas servidas dentro de una losa, o tubería de agua potable dentro de una pared. La segunda interferencia innecesaria: son elementos que no deben colisionar, por ejemplo: tubería atraviesa una columna, este tipo de interferencia es el que se debe analizar y pensar en una solución, ya que el programa muestra ambos tipos de interferencias.

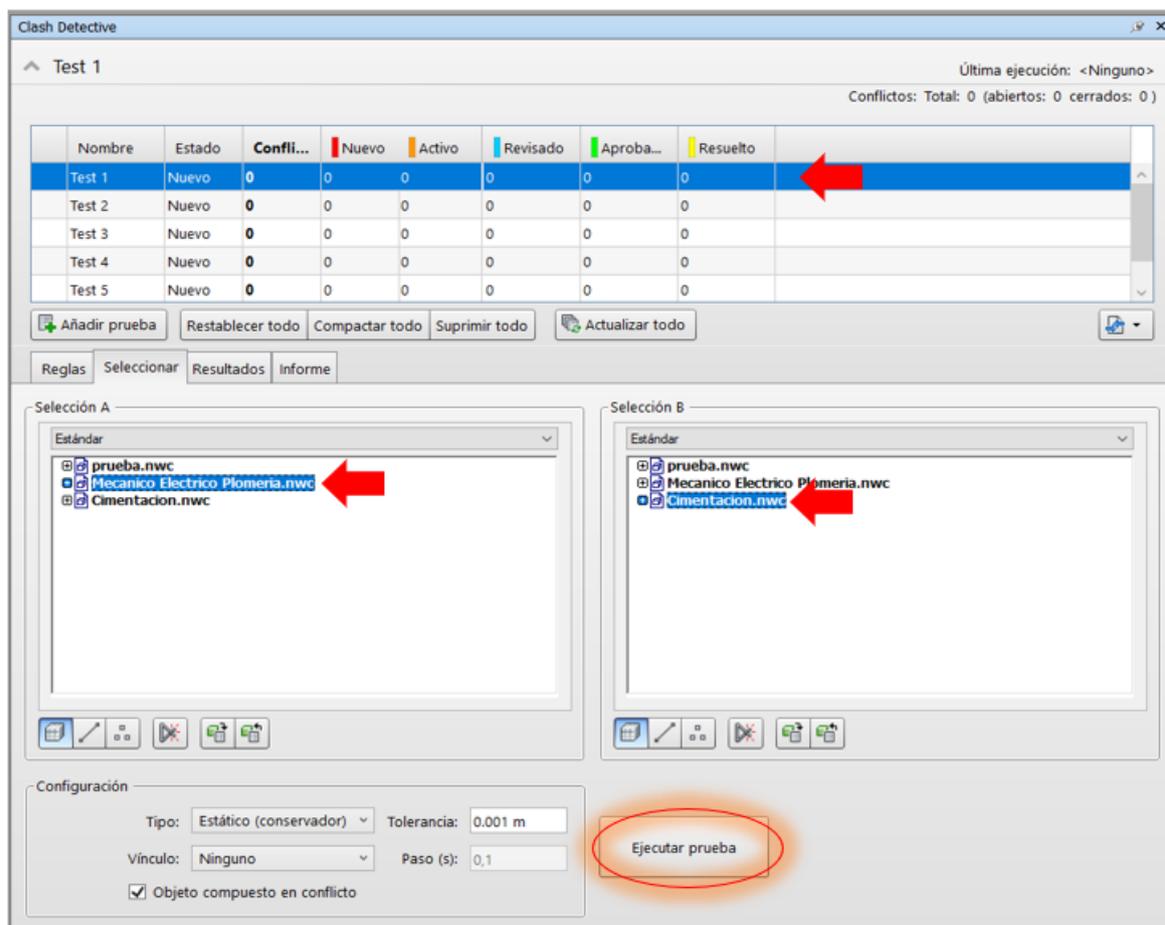


Figura 3.61. Configuración de detección de colisiones

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

En la figura 3.62 A: se observa una tubería que atraviesa la losa, es una interferencia necesaria y en la figura B: una interferencia innecesaria ya que una tubería colisiona con una columna, acto que no debe ocurrir.

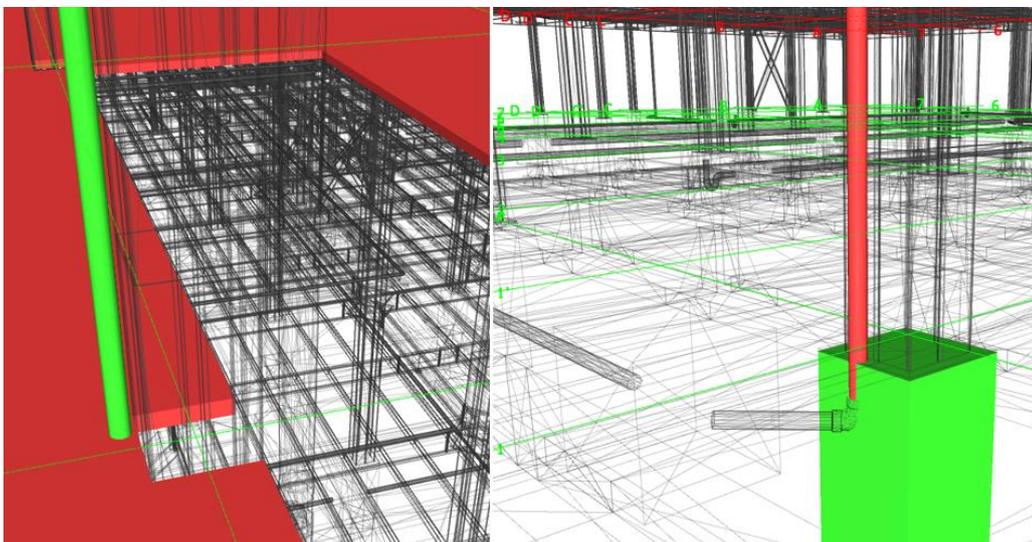


Figura 3.62. A) Interferencia necesaria. B) Interferencia innecesaria

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

8. Planificación 4D.

Con todos los modelos cargados y con la asignación correspondiente de tarea de cada elemento, se puede realizar una simulación de construcción: proceso en el cual se construye el edificio virtualmente elemento por elemento, como en la realidad.

Ahora, se carga la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** a Navisworks. Dicha tabla, debe ser exportada en formato CSV delimitado por comas, y guardada.

En la banda <Inicio>, <Herramientas>, seleccionar <TimeLiner>. En la nueva ventana, seleccionar <Origenes de datos> y click en <Añadir>, escoger <Importación de CSV> y se elige el archivo. Figura 3.63.

Se configura tal como se muestra en la figura 3.64, en la opción de <Usuario> se puede agregar cualquier columna que se requiera, por ejemplo: costo, cantidades, unidades.

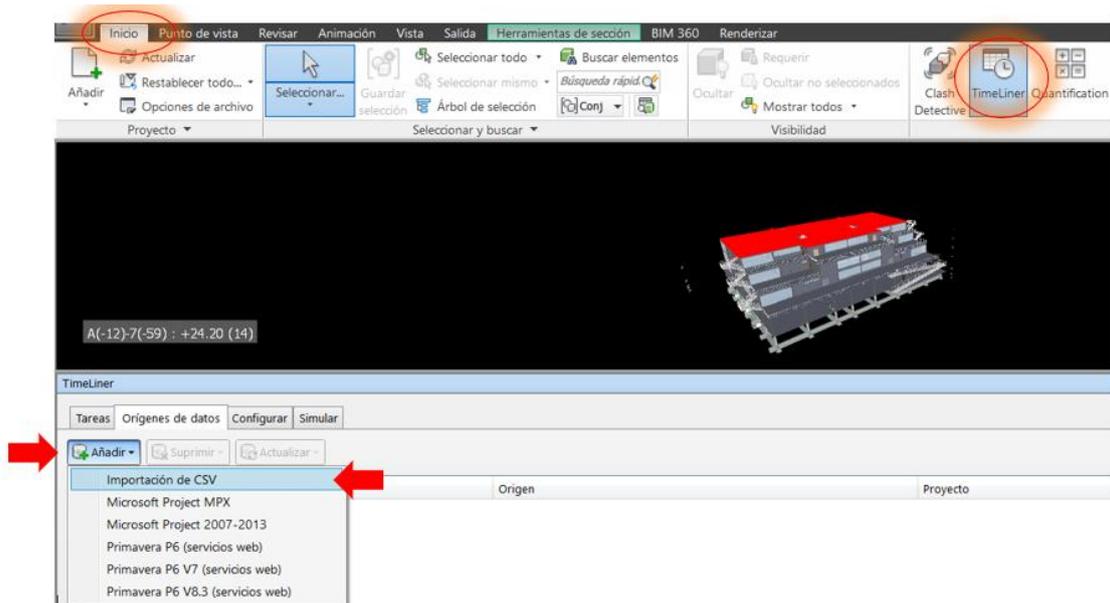


Figura 3.63. Importación de planificación

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

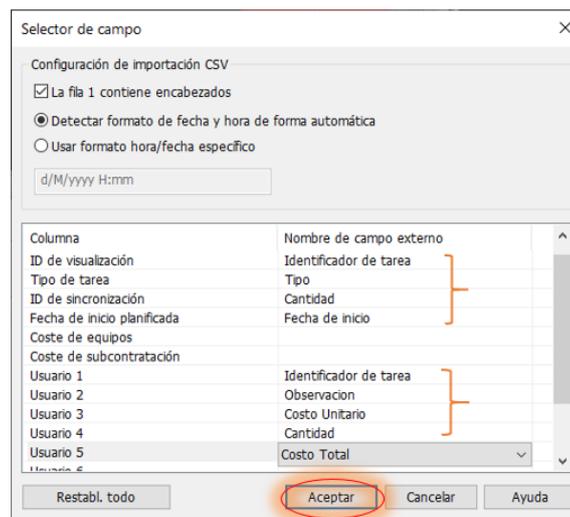


Figura 3.64. Selección de campos

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Se debe actualizar siempre la base de datos cuando se agrega por primera vez o se modifique el archivo csv. Para ello click en <Actualizar>, <Todos los orígenes de datos>, <Regenerar jerarquía de tareas>, <Aceptar>. Ahora en la pestaña de <Tareas> del <TimeLiner> se encuentra la planificación.

Para relacionar los elementos que se construirán virtualmente con las tareas se hace una vinculación. En la banda <Inicio>, seleccionar <Buscar elementos> y <Conjuntos> click en <Administrar conjuntos>.



Figura 3.65. Buscar elementos

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

En la ventana <Buscar elementos> se configura de la siguiente manera:

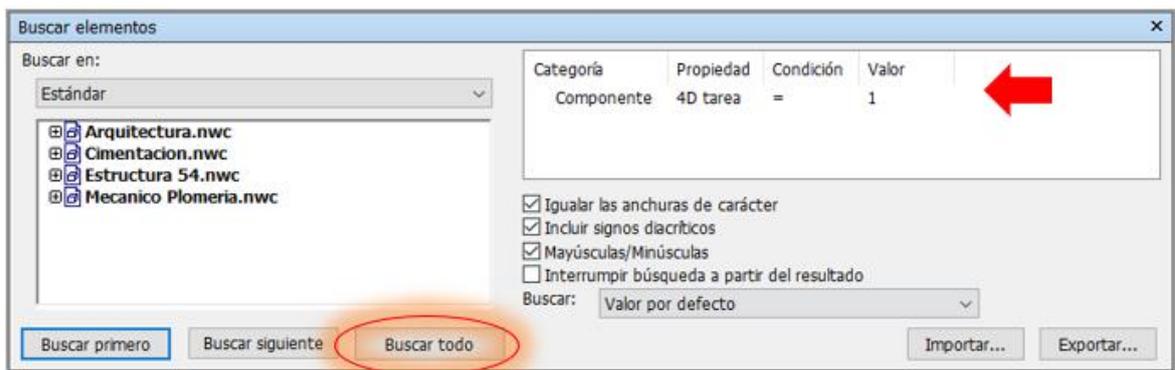


Figura 3.66. Buscar elementos de igual tarea

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Esta configuración buscará a todos los elementos con la tarea 1. Ver figura 3.54. En la ventana <Conjuntos> click derecho y seleccionar <Guardar búsqueda>, se agrega el nombre <1>. De esta misma manera se busca y se agrupa todos los demás elementos como se muestra en la figura 3.67. Esto permitirá enlazar a futuro los elementos con las respectivas tareas.

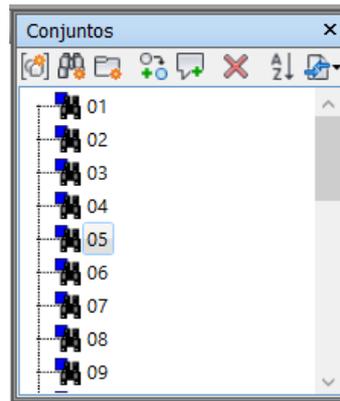


Figura 3.67. Conjuntos

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Para enlazar automáticamente los conjuntos con las tareas se procede de la siguiente manera: ventana <TimeLiner>, <Tareas>, click en <Enlazar automáticamente mediante reglas>.

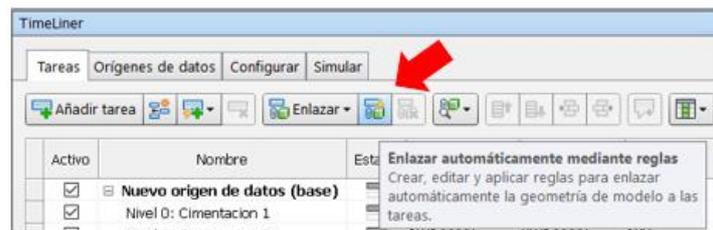


Figura 3.68. Enlazar automáticamente

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Se configura de la siguiente manera:

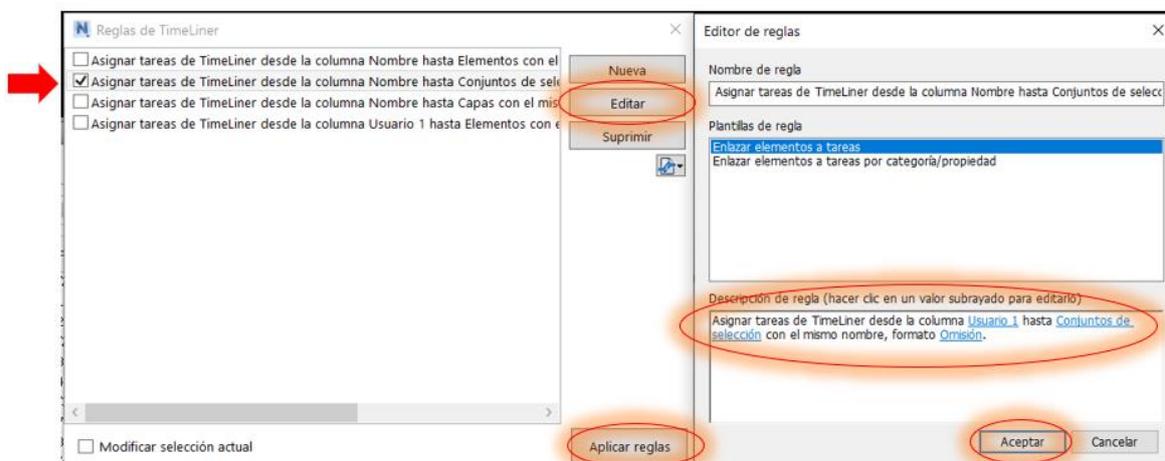


Figura 3.69. Reglas de enlace automático

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Ahora el proyecto cuenta con una etapa de planificación con tareas, fechas de inicio y fin, tipo de tarea, enlace y diagrama de Gantt, como se ve en la siguiente figura 3.70, cabe recalcar que los datos son modificables.

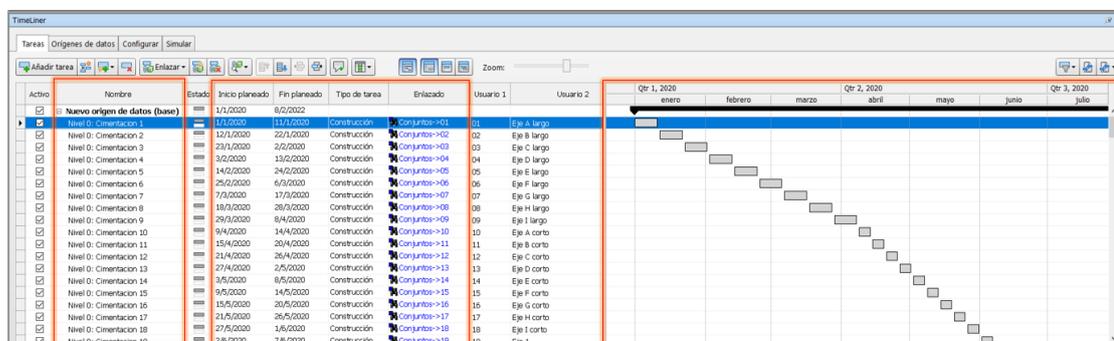


Figura 3.70. BIM 4D o planificación

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Para realiza la simulación en la ventana del <TimeLiner> seleccionar en <Simular> y click en <Reproducir>. Dependiendo del proyecto se configura la duración de la simulación, para este caso 150 segundos.

lunes 0:24:00 16/9/2019 día = 259 Semana = 37 Costo=405323.96

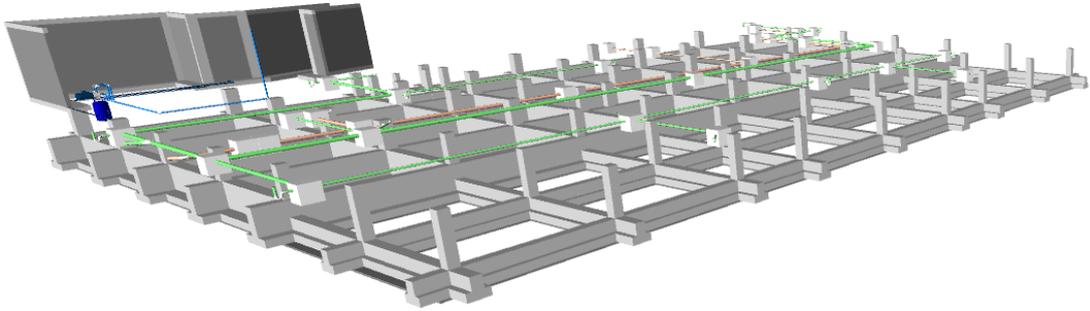


Figura 3.71. Terminación de la cimentación

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

viernes 18:24:00 22/11/2019 día = 326 Semana = 47 Costo=1053323.95

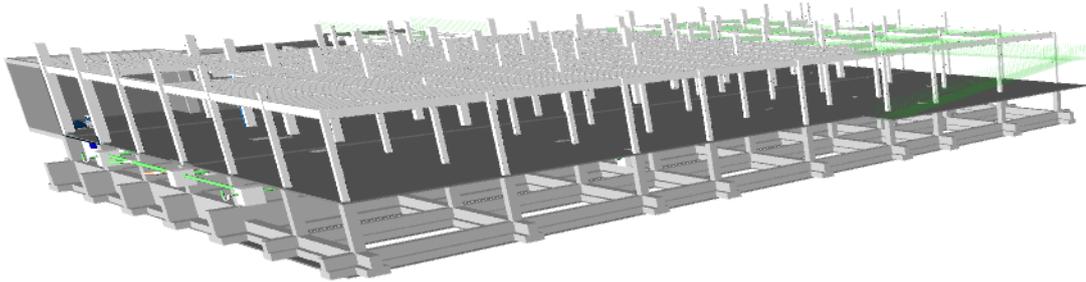


Figura 3.72. Inicio de losa N+4.60 m y estructura metálica

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

lunes 15:43:00 22/6/2020 día = 539 Semana = 77 Costo=2457477.89

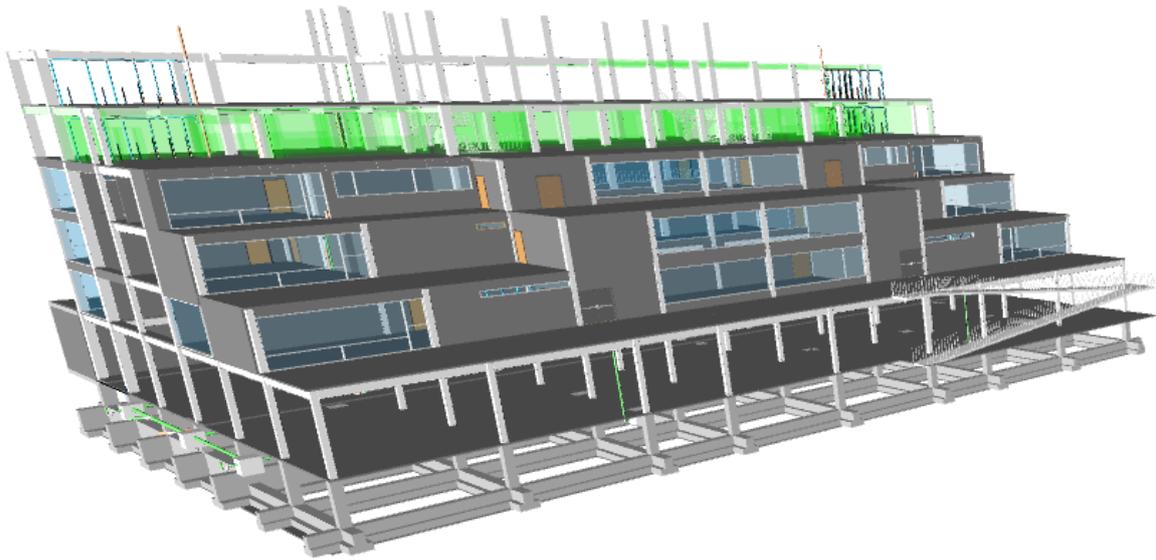


Figura 3.73. Colocación de mampostería, ventanas y puertas en niveles inferiores a nivel N+14.48 m

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

jueves 00:00:00 20/3/2020 día = 598 Semana = 86 Costo=3173977.89

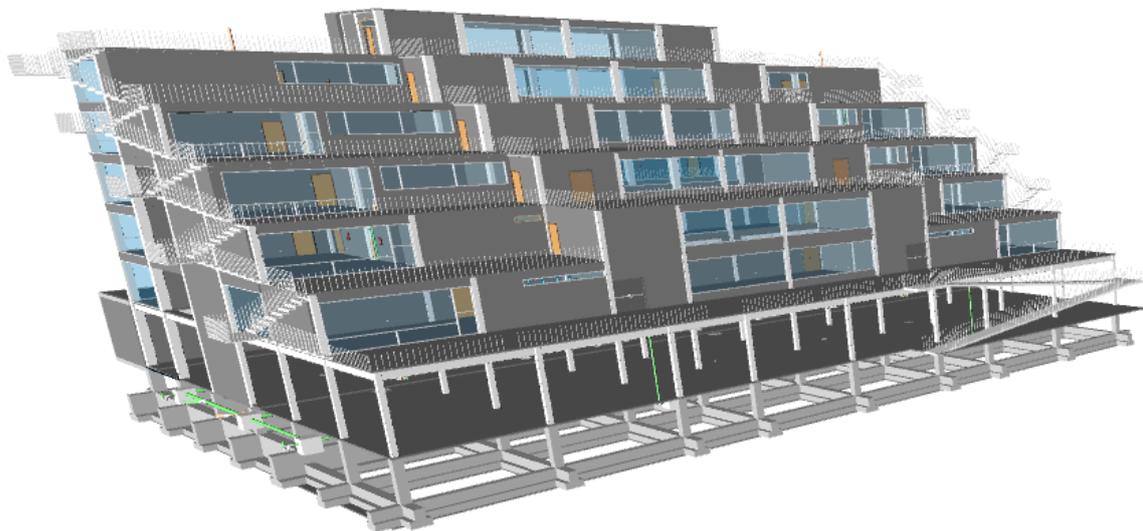


Figura 3.74. Edificio terminado

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

3.2.3 PRESUPUESTO 5D

Elaborar el presupuesto está ligado a la planificación realizada en la sección de PLANIFICACIÓN 4D, en dicha tabla se agrega la columna “Costo por tarea” que es el resultado de la multiplicación de los APU y las cantidades de obras necesarias para cumplir la tarea.

Los valores resaltados en azul son los costos por tarea que se incorporará a Navisworks vinculado a la tarea específica y a su vez con el conjunto de elementos asociado, y, como se muestra en las figuras anteriores el costo acumulado aparecerá en la simulación 3D de costo vs planificación.

Existen programas computacionales de costos que permiten una vinculación más directa y sincronizada con la información de los modelos 3D realizados, pero dicho nivel de BIM solo se ha establecido en países donde el uso del BIM es avanzado y obligatorio. Para este caso se estableció una operación manual del análisis de costos usando una hoja de cálculo.

En la tabla 3.20 se presenta el presupuesto realizado con las cantidades obras de obtenidas de los diferentes modelos realizados en Revit y en el ANEXO VII la planificación junto con el presupuesto por tarea. A continuación, se describe el proceso para agregar el costo a Navisworks:

1. Desglose de rubros por tarea.

Una vez terminada la planificación, se procede a desglosar los rubros necesarios para culminar cada tarea, como se muestra en la tabla 3.19 se puede observar su composición. Por ejemplo, tarea 2, perteneciente al Nivel 0: cimentación 2, se compone de los rubros E4: Hormigón $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ premezclado en vigas de cimentación con inhibidor de corrosión y E14: Acero de refuerzo en varillas corrugadas $f_y=4200\text{ kg/cm}^2$ (provisión, configuración y colocación), necesarias para completar la tarea y la sumatoria será el costo para la tarea 2.

2. Costo en Navisworks.

En la selección de campos se selecciona la columna referente al costo, el programa posee cuatro tipos de costos: costo por material, costo por mano de obra, costo de equipos y costo de subcontratación, siendo el costo total la suma de todos ellos. Cada uno posee una columna individual en la planificación, su asignación o

no depende del ingeniero de costos. En este caso se selecciona costo de material y se selecciona “Costo por tarea”, como se puede apreciar en la figura 3.75.

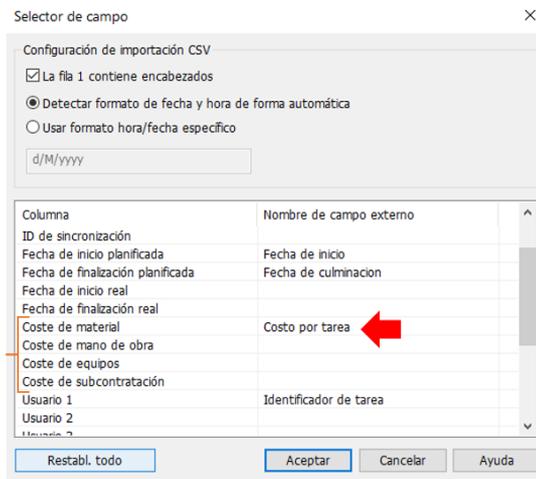


Figura 3.75. Selector de campo

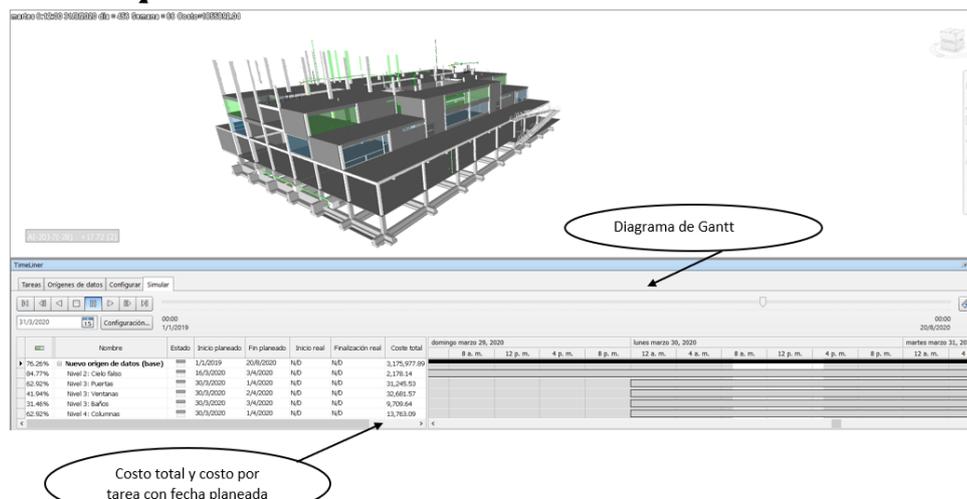
Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

3. Simulación de costo.

El costo del proyecto se simulará de manera simultánea con el presupuesto, al iniciar la simulación en el “Time Liner”.

martes 6:12:00 31/3/2020 día = 456 Semana = 66 Costo=1835392.04



Costo total y costo por tarea con fecha planeada

Figura 3.76. Presupuesto

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Tabla 3.19*Presupuesto 5D*

Tarea	Tipo	Descripción de tarea	Duración	Fecha de inicio	Fecha de culminación	Pred	Observación	Rubro-Código	Unidad	Cantidad	P.U	Costo BIM	Costo por tarea
34	Construcción	Nivel 0: Cimentación 0	11	2/1/2020	13/1/2020		Replanteo						44476.96
								E1	m2	2531.70	0.75	1909.33	
								E20	m2	2531.70	0.80	2037.03	
								E2	m3	1882.70	2.12	3990.73	
								E26	m2	33566.30	0.64	21606.29	
								E7	m3	996.62	2.91	2895.90	
								E3	m3	104.28	115.44	12037.68	
01	Construcción	Nivel 0: Cimentación 1	15	14/1/2020	29/1/2020	34	Eje A largo						12544.99
								E4	m3	42.92	170.61	7322.41	
								E14	kg	3150.59	1.66	5222.58	
02	Construcción	Nivel 0: Cimentación 2	15	30/1/2020	14/2/2020	1	Eje B largo						12411.92
								E4	m3	42.14	170.61	7189.34	
								E14	kg	3150.59	1.66	5222.58	
03	Construcción	Nivel 0: Cimentación 3	15	15/2/2020	1/3/2020	2	Eje C largo						12411.92
								E4	m3	42.14	170.61	7189.34	
								E14	kg	3150.59	1.66	5222.58	
04	Construcción	Nivel 0: Cimentación 4	14	2/3/2020	16/3/2020	3	Eje D largo						12260.08
								E4	m3	41.25	170.61	7037.50	
								E14	kg	3150.59	1.66	5222.58	

* la planificación 4D y 5D se encuentran en ANEXO VII

Planificación Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

4. Resumen de presupuesto

Debido a que la planificación y el presupuesto es considerablemente largo se resume de la siguiente manera:

Tabla 3.20*Presupuesto BIM Estructura*

COD	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD	P. U	COSTO [\$]
ESTRUCTURA			BIM		BIM
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
E1	Replanteo y nivelación	m2	2 531.70	0.75	1 909.33
E20	Limpieza y desbroce del terreno (manual)	m2	2 531.70	0.80	2 037.03
E2	Excavación a maquina	m3	1 882.70	2.12	3 990.73
E26	Limpieza final de obra (manual)	m2	33 566.30	0.64	21 606.29
E7	Relleno compactado a máquina con material del sitio en contrapiso	m3	996.62	2.91	2 895.90
HORMIGÓN ARMADO					
E3	Hormigón f'c=180 kg/cm2 en replantillo incluye bomba y transporte	m3	104.28	115.44	12 037.68
E4	Hormigón f'c=210Kg/cm2 premezclado en vigas de cimentación con inhibidor de corrosión	m3	938.96	170.61	160 192.32
E5	Hormigón f'c=240Kg/cm2 premezclado en cisterna (incluye encofrado) con inhibidor de corrosión	m3	24.80	239.79	5 945.92
E8	Hormigón premezclado f'c= 210 kg/cm2 en contrapiso e=10cm (Inc. piedra bola 8 a 20 cm, malla 4x10x10, polietileno y encofrado)	m2	2 350.00	145.20	341 224.42
E10	Hormigón f'c=210Kg/cm2 premezclado en muros (incluye encofrado 2 lados) con inhibidor de corrosión	m3	163.75	201.14	32 937.23
E11	Hormigón elaborado en sitio en escaleras f'c=210 kg/cm2	m3	55.78	99.84	5 569.66
E15	Hormigón en loseta f'c=210 kg/cm2	m3	814.14	202.94	165 225.41
E16	Hormigón f'c=210Kg/cm2 premezclado en columnas (incluye encofrado) con inhibidor de corrosión	m3	45.41	182.92	8 306.38
E16.1	Hormigón f'c=210Kg/cm2 premezclado en columnas con inhibidor de corrosión	m3	185.32	150.49	27 888.21
ESTRUCTURA METÁLICA					
E19	Acero estructural	kg	378 297.08	2.70	1 020 868.73
E21	Grout autonivelante	m3	1.00	901.21	901.21
E14	Acero de refuerzo en varillas corrugadas fy=4200 kg/cm2 (provisión, conf y colocación)	kg	177 529.40	1.66	294 281.77
E12	Malla electrosoldada 5x10	m2	8 141.20	5.58	45 461.84
E17	Malla electrosoldada 5x15	m2	966.96	5.21	5 041.01
					2 158 321.09

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

El cálculo de movimiento de tierras, se realizó asumiendo una superficie plana, en la cual se considera la excavación y el relleno con material del sitio. Debido a que Revit posee elementos escalera predeterminados, la cantidad de hormigón en escalera se calculó a mano.

Tabla 3.21

Presupuesto BIM Arquitectura

COD	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD	P. U	COSTO [\$]
ARQUITECTURA			BIM		BIM
ALBAÑILERIA					
A1.1	Mampostería de bloque 10 cm, mortero 1:3, entibaje	m2	4 211.93	11.20	47 176.34
A2	Enlucido de mampostería vertical interior	m2	6 955.48	5.73	39 867.01
A3	Enlucido de mampostería vertical exterior	m2	1 441.23	6.56	9 454.53
REVESTIMIENTO Y ACABADO EN PISOS					
A4	Masillado y alisado de piso e=1.5m mortero 1:3	m2	8 096.06	5.29	42 864.65
A5	Masillado de losa de cubierta incluye impermeabilizante	m2	2 165.14	7.19	15 570.90
A6	Porcelanato	m2	7 691.26	26.65	204 935.98
REVESTIMIENTO Y ACABADO EN PAREDES					
A7	Empaste interior de pared	m2	6 955.48	2.66	18 524.18
A8	Empaste exterior de pared	m2	1 441.23	3.63	5 234.70
A9	Pintura vinílica antibacterial satinada dos manos	m2	6 955.48	2.88	20 053.14
A10	Cerámica en baños a=25 cm L=25cm e=8mm, esmaltada lisa brillante, clase A	m2	467.49	19.01	8 887.04
A20	Pintura acrílica elastomérica para exteriores sobre superficies lisas. Altura mayor a 8 metros	m2	1 441.23	17.55	25 288.66
ACABADOS					
A11	Cielo raso con tablero bihidratado de yeso para humedad liso, incluye estuco	m2	5 603.78	15.90	89 073.09
A12	Puerta de MDF. Acabado sólido, e=36mm, incluye marco metálico	m2	296.79	187.74	55 719.89
A13	Ventana corrediza de aluminio y vidrio templado 8mm	m2	1 890.37	104.67	197 861.51
A15	Suministro e instalación de ascensor de pasajeros; capacidad 750 Kg , velocidad 1 m/s, 2 paradas, trifásico, puertas automáticas, cabina de 1.40 m X 1.35 m	u	1.00	44 550.00	44 550.00
A17	Panel divisorio de acero inoxidable para baños con puerta	m2	100.24	116.42	11 669.78
					836 731.38

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Se puede diferenciar la mampostería externa e interna y sus complementos como enlucido y masillado. En cuanto a las puertas se prefirió calcular por metro cuadrado en vez de unidad, ya que existen puertas de diferentes dimensiones.

Tabla 3.22*Presupuesto BIM Eléctrico*

COD	DESCRIPCION	U	CANTIDAD	P. U	COSTO [\$]
INSTALACIONES ELECTRICAS			BIM		BIM
EE1	Barra de cobre estaño para tierra TGB	u	1.00	115.76	115.76
EE3	Tomacorriente doble con tapa	u	500.00	4.72	2 360.53
EE4	Lampara colgante 3 luces	u	20.00	48.92	978.46
EE5	Punto de iluminación con 6 MT,EMT 1/2" cable THHN FLEX 2X12 + 1X14 AWG)	pto	652.00	31.99	20 857.83
EE6	Punto de tomacorriente doble polarizado con 6mts THHN FLEX 2X12+1X14 EMT 1/2"	pto	500.00	27.22	13 607.63
EE7	Interruptor simple 15A,120V incluye cajetín	u	87.00	4.34	377.58
EE8	Interruptor doble 15A,120V, incluye cajetín	u	43.00	6.22	267.34
EE13	UPS bifásico 5KVA, 208/120V/60HZ	u	1.00	2 603.51	2 603.51
EE14	Tablero de distribución 120X80X40cm 300A	u	7.00	694.72	4 863.01
EE20	Luminaria de energía tipo LED	u	43.00	19.03	818.42
EE21	Luminaria blanco 18w	u	102.00	16.87	1 721.06
EE22	Ojo de buey	u	24.00	15.27	366.55
EE23	Plafones LED	u	403.00	27.40	11 043.46
					59 981.16

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Tabla 3.23*Presupuesto BIM Sanitario*

COD	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD	P. U	COSTO [\$]
INSTALACIONES SANITARIAS			BIM		BIM
PUNTOS SANITARIOS					
S3	Sumidero de piso 50mm incluye rejilla T-75X50mm AL	pto	14.00	17.50	245.04
TUBERIA DE AGUAS SERVIDAS					
S5	Tubería de PVC tipo "B" 50mm, incluye accesorios	m	109.45	4.20	460.19
S6	Tubería de PVC tipo "B" 75mm, incluye accesorios	m	354.03	7.82	2 766.97
S7	Tubería de PVC tipo "B" 110mm, incluye accesorios	m	158.56	8.65	1 371.58
S8	Tubería de PVC tipo "B" 160mm, incluye accesorios	m	167.34	16.84	2 817.85
S11	Soporte de tubería tipo pera ½ "a 2", platina pintada	u	38.00	12.67	481.59
S12	Soporte de tubería tipo pera 2 ½" a 6", platina pintada	u	83.00	16.72	1 387.48
Válvulas, Cajas y pozos de revisión					
S13	Caja de revisión H.S. f'c=210 kg/cm2 de 0.60x0.60, e=0.10m, h=0.50 – 1.50m, tapa H.A		13.00	103.85	1 350.04
					10 880.74

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Debido a que Revit no tienen como unidad el punto para tubería, se utilizó la unidad de metro.

Tabla 3.24*Presupuesto BIM Contra incendios*

COD	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD	P. U	COSTO [€]
INSTALACIONES CONTRA INCENDIOS			BIM		BIM
Equipamiento					
C1	Gabinete contra incendios tipo I	u	15.00	376.92	5 653.87
C2	Extintor polvo químico seco ABC 10 lbs (PQS)	u	26.00	67.07	1 743.81
C4	Lámpara de emergencia	u	35.00	35.55	1 244.20
C5	Aviso de Salida con iluminación tipo LED	u	70.00	24.33	1 703.24
C8	Punto de red de incendios	pto	37.00	33.00	1 221.04
C9	Luz estroboscópica con sirena	u	14.00	85.40	1 195.58
C10	Detector de humo direccionable fotoeléctrico	u	47.00	62.39	2 932.14
C20	Pulsante simple	u	15.00	10.23	153.51
C21	Punto para pulsante	pto	15.00	24.29	364.28
C23	Parlante con transformador de línea 70V/100V – 6W MAX	u	2.00	43.24	86.48
Tuberías HN					
C11	Tubería de hierro negro C-40 d=1 ½” soldado a tope ASTM A 53 S/C, incluye accesorios	m	134.33	14.87	1 996.98
C12	Tubería de hierro negro C-40 d=2 ½” soldado a tope ASTM A 53 S/C, incluye accesorios	m	173.23	25.62	4 438.89
C13	Soporte de tubería tipo pera ½ “a 2”, platina pintada	u	47.00	12.68	596.15
C14	Soporte de tubería tipo pera 2 ½” a 6”, platina pintada	u	61.00	16.72	1 019.71
Pintura para tuberías					
C17	Pintura acabado esmalte, fondo anticorrosivo de tuberías ½” a 1 ¾”	m	134.33	3.21	430.92
C18	Pintura acabado esmalte, fondo anticorrosivo de tuberías desde 2”	m	137.87	4.03	555.52
C19	Configuración y puesta en marcha del sistema de incendios	u	1.00	1 046.69	1 046.69
C22	Toma siamesa 4”x2½”x2½”, incluye válvula check	u	1.00	517.16	517.16
					26 900.17

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Tabla 3.25

Presupuesto BIM Agua potable

COD	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD	P. U	COSTO [€]
AGUA POTABLE			BIM		BIM
EQUIPAMIENTO					
P1	Inodoro elongado BL, incluye fluxómetro 4.8/6 lt, tapa y asiento abierto en el frente	u	55.00	290.32	15 967.73
P2	Lavamanos para empotrar ovalado BL, 520x450x210mm, llave temporizada BR 1/2", 0.8 lt CR	u	40.00	150.27	6 010.98
P3	Urinario BL, 347x267x600mm sifón oculto, fluxómetro BR 6 lt CR	u	15.00	271.75	4 076.25
P4	Fregadero de acero inoxidable 2 pozos, incluye desagüe de canastilla, grifería, rebosadero y sifón	u	1.00	169.45	169.45
Puntos de agua potable					
P5	Tubería PVC roscable 1/2", incluye accesorios	m	186.67	3.30	616.34
P9	Tubería PVC roscable 3/4", incluye accesorios	m	111.38	3.83	426.46
P6	Tubería PVC roscable 1", incluye accesorios	m	142.05	9.99	1 418.51
P10	Tubería PVC roscable 1 1/4", incluye accesorios	m	139.82	9.25	1 293.62
P11	Tubería PVC roscable 1 1/2", incluye accesorios	m	20.70	10.81	223.72
P25	Tubería PVC roscable 2", incluye accesorios	m	7.84	13.50	105.80
P27	Tubería PVC roscable 2 1/2", incluye accesorios	m	33.65	13.13	441.69
P7	Soporte de tubería tipo pera 1/2 " a 2", platina pintada	u	249.00	12.68	3 158.30
P8	Soporte de tubería tipo pera 2 1/2" a 6", platina pintada	u	5.00	16.72	83.58
P26	Acometida de agua potable d=2", incluye medidor	u	1.00	709.44	709.44
Válvula de compuerta agua fría					
P13	Válvula de compuerta roscada d= 3/4" BR	u	4.00	17.57	70.29
P14	Válvula de compuerta roscada d=1" BR	u	10.00	24.52	245.16
Válvulas check					
P19	Válvula check roscada BR d=1/2"	u	2.00	18.97	37.94
P21	Válvula check roscada BR d=1"	u	3.00	28.72	86.17
P22	Válvula check roscada BR d=2"	u	1.00	85.67	85.67
P23	Válvula check roscada BR d=2 1/2"	u	2.00	108.97	217.93
P24	Sistema de presión constante 3 bombas centrífugas horizontales 10HP 3F, incluye accesorios en acero negro bridados	u	1.00	25 425.38	25 425.38
					60 870.44

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Debido a que Revit no tienen como unidad el punto para tubería, se utilizó la unidad de metro.

Tabla 3.26*Presupuesto BIM Aguas Lluvia*

COD	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD	P. U	COSTO [€]
INSTALACIONES AGUAS LLUVIA			BIM		BIM
Tuberías aguas lluvia					
L1	Tubería PVC tipo "B" 110mm, incluye accesorios	m	557.75	5.32	2 968.83
L2	Tubería PVC tipo "B" 160mm, incluye accesorios	m	38.02	8.12	308.69
L3	Tubería PVC tipo "B" 200mm, incluye accesorios	m	57.43	14.33	823.01
Sumidero de terraza					
L8	Sumidero de cubierta de 110mm incluye rejilla cúpula AL	pto	44.00	44.10	1 940.56
L8.1	Sumidero en parqueadero 110mm incluye rejilla	pto	12.00	21.09	253.06
SopORTE para tuberías					
L9	SopORTE de tubería tipo pera 2 1/2" a 6", platina pintada	u	150.00	16.72	2 507.49
Válvulas, Cajas y pozos de revisión					
L10	Caja de revisión 60x60x60 cm (incluye relleno con ripio e = 20cm y tapa de hormigón con cerco metálico)	u	20.00	103.85	2 076.98
					10 878.61

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Debido a que Revit no tienen como unidad el punto para tubería, se utilizó la unidad de metro. En la siguiente tabla se presenta el resumen de los valores totales por disciplina del presupuesto para el proyecto Edificio de Arquitectura de la UNACH.

Tabla 3.27*Presupuesto Edificio de Arquitectura*

COD	DESCRIPCIÓN	TOTAL [€]
E	ESTRUCTURA	2 158 321.09
A	ARQUITECTURA	836 731.38
EE	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	59 981.16
S	INSTALACIONES SANITARIAS	10 880.74
C	INSTALACIONES CONTRA INCENDIOS	26 900.17
P	AGUA POTABLE	60 870.44
L	INSTALACIONES AGUAS LLUVIA	10 878.61
		3 164 563.57

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

El costo presupuestado para la construcción del Edificio de Arquitectura de la UNACH, asciende tres millones ciento sesenta y cuatro mil quinientos sesenta y tres dólares con cincuenta y siete centavos, ver tabla 3.27.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS METODOLOGÍA TRADICIONAL vs BIM

4.1 DOCUMENTACIÓN

En esta sección se procederá a analizar la documentación de cada una de las ingenierías, la finalidad de esta sección es describir las diferencias que existen a la entrega de planos finales o As built, cantidades de obra y presupuesto entre la metodología tradicional y BIM.

4.1.1 ARQUITECTURA

Los planos arquitectónicos desarrollados en ambas metodologías constan de planos de planta, cortes de diferentes secciones, fachadas y demás detalles necesarios para su construcción.

Los planos desarrollados tradicionalmente en CAD con llevan más tiempo de trabajo que los planos realizados en BIM, ya que permite realizar cortes, vistas en plantas del modelo 3D rápidamente.

Las correcciones causadas por cambios de diseño hechas en CAD toman más tiempo en hacerlas, debido a que algunos de los dibujos no se pueden reutilizar y se tienen que crear desde cero, mientras que con BIM los cambios en las diferentes vistas o planos se actualiza automáticamente desde el modelo.

Con BIM podemos detectar, corregir fallas, errores de colocación, colisiones entre diferentes elementos, mientras que con la metodología tradicional a menudo ese error pasa desapercibido debido a que las líneas 2D no ofrecen una visual efectiva en conjunto del proyecto y con frecuencia dichas correcciones se conocen en la ejecución de la obra.

La metodología tradicional no ofrece una presentación realista del proyecto al cliente debido a que sus graficas se limitan a líneas 2D, BIM ofrece vistas 3D que se pueden editar o modificar cualquier elemento en ese instante, esto mejoraría la relación con el cliente, ya que al presentar estas gráficas el cliente puede apreciar de mejor manera el producto final, incluso hacer recorridos virtuales del proyecto.

Con la metodología tradicional el arquitecto necesita más tiempo para entregar un primer boceto del proyecto con BIM ese tiempo se acorta, mejorando la productividad, e incluso se puede presentar más de una opción al cliente.

Usando cualquier programa de dibujo CAD se debe crear capas, estilos y grosor de líneas a conocimiento del dibujante, los programas que hacen BIM utilizan normas de dibujo ya incorporadas en el programa.

4.1.2 ESTRUCTURA

BIM ofrece una mejor apreciación visual en 3D del acero de refuerzo necesario en elementos estructurales de hormigón armado como: vigas, columnas, losas; esto permite saber si la ubicación, cantidad y el tipo de armado es el correcto, evitando choques de varilla y garantizando el espaciamiento diseñado, mientras que con la metodología tradicional el acero de refuerzo es representado con una línea, lo que puede generar un aumento del armado y darse cuenta de un error de colocación y armado en las varillas es ya en obra.

En este caso de estudio el edificio es de acero estructural A36 y A50, fue más fácil detallar algunos elementos estructurales de manera tradicional al igual que los detalles de soldadura y elementos especiales necesarios para la construcción usando CAD, mientras que con BIM se necesita una familia de anotación específica que en muchos de los casos no cubre nuestro requerimiento para detalles especiales, así que se edita o modifica la familia, este proceso de edición puede ser laborioso.

Con BIM se puede enlazar distintos modelos, en este caso el modelo arquitectónico con el modelo estructural, que mediante inspección y detección se corrige los elementos oportunamente de ser el caso, a diferencia de la metodología tradicional no existe una visualización 3D de los elementos que permita hallar posibles fallas o colisiones, este análisis necesitaría más tiempo para hacer las correcciones o modificaciones pertinentes luego de hallarlas, o en el peor de los casos detectar ese error en obra.

4.1.3 CONTRA INCENDIOS

BIM permite observar y colocar de mejor manera los dispositivos contra incendios como cajetines de emergencia, luces estroboscópicas, extintores, pulsadores y demás aparatos, esto permite instalarlos en una correcta ubicación, mientras que tradicionalmente se coloca en el plano la simbología del dispositivo y posteriormente en obra se ultima el lugar idóneo para su colocación, esto puede generar un retraso y costos adicionales, por ejemplo; si la modificación con lleva a mover tubería.

El trazado de tuberías en el método tradicional está representado por líneas y una rotulación, BIM representa las tuberías en 3D, esto ayuda a saber su trayecto y sus posibles conflictos con vigas, columnas y otros elementos, para posteriormente corregirlos y analizar un trayecto óptimo.

En cuanto al dibujo a detalle, existe una ventaja al aplicar BIM ya que al dibujar las tuberías e incorporar los dispositivos en 3D, facilita la generación de planos, a diferencia de la metodología tradicional que se debe hacer uno por uno.

4.1.4 ELÉCTRICA

La colocación de luminarias de techo en BIM permite tener una mejor apreciación de la iluminación en la habitación; las luminarias pueden ser colocadas en el techo, en cielo falso o en el piso y verlas en 3D, mientras que tradicionalmente solo son representadas con simbología.

Los enchufes e interruptores también pueden ser modelados en 3D, al colocarlos permite saber si se encuentran en el lugar y a la altura correcta, mientras que con la metodología tradicional son representados simbólicamente y su colocación es vista por lo general en obra.

En el trazado de tubería para colocar los cables eléctricos se tiene una mejor visualización 3D en BIM y se puede ubicar evitando colisiones con otros elementos, a diferencia de la metodología tradicional que no brinda detalles de colocación de tubería, ya que en el plano su diagramación por lo general se representa con arcos que simboliza el cable y une a dos o más dispositivos, este procedimiento se realiza en obra luego de colocar la mampostería sin enlucir.

4.1.5 AGUA POTABLE - AGUA LLUVIA - AGUAS SERVIDAS

El trazado de tuberías en el método tradicional suele estar representado por líneas y una rotulación detallando el diámetro, longitud y pendiente de la tubería, BIM representa las tuberías en 3D, esto ayuda saber el trayecto, incluido bajantes, conexiones con accesorios, aparatos sanitarios y sus posibles colisiones con otros elementos para posteriormente corregirlos, con la metodología tradicional la representación es a base de líneas y en 2D.

Al coordinar el modelo de estructura y modelo MEP, hubo la necesidad de hacer algunos cambios en el trazado de las tuberías debido a que se puede visualizar de mejor manera las vigas y columnas metálicas, se puede escoger la mejor ruta para las tuberías, mientras que con la metodología tradicional no se tiene esta facilidad, la única opción sería analizar un nuevo trayecto de la tubería en obra.

Con BIM se puede obtener con mayor precisión la cantidad de accesorios para tuberías requeridos para el sistema, mientras que con la metodología tradicional son aproximados.

Se puede obtener con mayor facilidad los isométricos del sistema de tuberías con BIM, mientras que con la metodología tradicional se debe dibujar líneas y tener claro la distribución de las tuberías para no cometer errores tanto de ubicación como de rotulación.

Los elementos como cajas de revisión pueden ser insertadas con elevación teniendo una mejor idea sobre la pendiente usada para la tubería, verificando si es la apropiada o si las cajas de revisión o tubería colisiona con la cimentación, esta visualización no se puede dar tradicionalmente.

4.2 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

En este apartado se presenta las cantidades de obra y el presupuesto obtenidos mediante la metodología tradicional y BIM, se hace un análisis de la variación en costo en porcentaje de los rubros más representativos, así como algunas aclaraciones y suposiciones acerca de las cantidades de obra.

En el cálculo de cantidades de obra aplicando la metodología tradicional se usó los planos de diseño finales de cada disciplina junto con una hoja de cálculo electrónica y un programa CAD para medir lo requerido según el rubro.

Para el cálculo de las cantidades de obra con BIM se usó el programa Revit para extraer del modelo las tablas de cantidades de obras y exportarlas a una hoja de cálculo electrónica para filtrar datos solicitados para cada rubro.

Para el análisis de precios unitarios se utilizó Proexcel® con licencia adquirida de forma privada, y una hoja de cálculo.

Cada especialidad tiene un código de identificación seguido de un número, para un correcto control de datos. Código E, corresponde a la especialidad estructura, código A corresponde a arquitectura, código C a contra incendios, código EE a eléctrico, código P a agua potable, código L a aguas lluvia y código S corresponde a sanitario. COD._ corresponde a la abreviatura código vinculada al código del rubro. VAR [%]._ pertenece a la variación en excedente expresado en porcentaje en entre el costo BIM y costo tradicional; si el valor de la columna de variación es de color rojo quiere decir que el costo BIM excede al costo tradicional, por otro lado si el valor de la columna de variación es de color negro quiere decir que el costo tradicional excede al costo BIM. N/C._ abreviación de no se puede comparar.

4.2.1 ARQUITECTURA

En la tabla 4.2, se puede observar las variaciones entre la metodología tradicional y BIM para la disciplina arquitectura. Se nota una gran variación en todos los rubros, debido que durante el proceso de modelado 3D del edificio se hizo modificaciones como: cambio de la altura del antepecho en ventanas, habitaciones más grandes y nuevas divisiones de mampostería, esto repercute en los demás rubros como por ejemplo: enlucido, empaste, pintura. De igual manera el masillado de piso, de cubierta y porcelanato su metraje varia al cambiar el área interior y exterior de la planta de piso.

En general, existe una variación del 21.35% correspondiente a \$147 229.95 dólares americanos en la disciplina arquitectura, siendo la metodología BIM con más variaciones en cantidades de obra y costo que la metodología tradicional, la mayoría de los rubros varían en un gran porcentaje y ningún rubro tiene un

porcentaje de variación menor al 5%; se puede entender que las modificaciones realizadas al modelo arquitectura fueron severas al comparar con los planos 2D tradicionales.

4.2.2 ESTRUCTURA

En la tabla 4.3, se puede observar las variaciones entre la metodología tradicional y BIM para la disciplina estructura. Los valores de 0% corresponde a valores iguales tanto para la metodología tradicional como para BIM, es el caso de Movimiento de tierras ya que, al no tener datos topográficos para su cálculo o modelación, fue asumida con criterio los valores de excavación.

Código E15 hormigón en loseta, existe una variación del 10.25%; con la metodología tradicional no considera los espacios huecos que deja la columna atravesar la loseta, al modelar en 3D se puede excluir dichos espacios, también se puede atribuir dicha variación a los cambios de diseño realizados a lo largo del proyecto.

Código E16.1, hormigón en columnas; varía un 34.41%, los cambios de diseño pueden aumentar la cantidad de hormigón.

Código E19, acero estructural, 9.25%, las modificaciones realizadas en algunas plantas causaron el aumento de vigas, viguetas y correas de acero estructural dichos elementos se detallan en los nuevos planos estructurales.

Código E14, acero de refuerzo, variación 22.32%, en los planos de construcción existen longitudes de varilla variables que afectan a los cálculos estimados, al modelar se puede ser más exacto y obtener la cantidad exacta de acero de refuerzo.

Código E12, malla electrosoldada 5x10, 19.95%, colocada en loseta, al modelar una malla no se consideró el traslape, Revit coloca la malla en una sola capa en la loseta exceptuando las aberturas, tradicionalmente se considera el traslape en un porcentaje del metrado total.

En general, existe una variación del 3.30% correspondiente a \$71 224.49 dólares americanos en la disciplina estructura, siendo la metodología tradicional con más variaciones en cantidades de obra y costo que BIM, sin embargo, algunos rubros tienen una variación menor al 5%, que está en un rango aceptable.

4.2.3 CONTRA INCENDIOS

En la tabla 4.4, se puede observar las variaciones entre la metodología tradicional y BIM para la disciplina contra incendios. Como se puede ver existen rubros con variación 0%, lo que indica que las cantidades de dispositivos contra incendios es la misma para ambas metodologías, de igual forma existen rubros que varían menos del 5%, esto se puede interpretar que los cambios arquitectónicos para esta disciplina no afectaron mucho en cantidad. Sin embargo, los rubros con código C11, C12, C13, C14 y C17, son rubros con una considerable variación en cantidades de obra, causada por modificación en la ruta de la tubería o un error en el cálculo de las cantidades de obra.

En términos generales, la variación en entre ambas metodologías solo es del 0.47%, llegando a ser la más baja de todas las disciplinas, el porcentaje corresponde a \$125.92 dólares americanos.

4.2.4 ELÉCTRICAS

En la tabla 4.5, existen cantidades como luminarias, enchufes y tomacorrientes cuya variación es baja o cero y está acorde a las modificaciones realizadas arquitectónicamente y no está por muy por encima del presupuesto tradicional, es claro que al agregar más habitaciones se agregan más instalaciones eléctricas, para tener todas las comodidades del caso, es por eso que los puntos para luminarias y tomacorriente ascienden.

La variación entre las dos metodologías es del 9.83% cuyo valor es \$5 370.19 dólares americanos siendo la metodología BIM con más variaciones en cantidades de obra y costo que la metodología tradicional.

4.2.5 AGUA POTABLE

En la tabla 4.6 se puede observar las variaciones entre la metodología tradicional y BIM para agua potable. Los valores de 0% corresponde a valores iguales tanto para la metodología tradicional como para BIM e indican que el modelo refleja a exactitud los planos 2D.

Existen valores de variación que sobrepasan el 100% correspondiente a los rubros con código P11 y P27, se debe a cambios drásticos en el diseño de ruta de la tubería o un error en el cálculo de cantidades de obra y con un menor impacto en rubros con tuberías de diferente diámetro. Otra variación importante es la cantidad de soportes para tubería, código P7 que está ligado a tubería menores de 2”.

La variación es de 0.75% entre la metodología tradicional y BIM, con un valor correspondiente de \$454.94, siendo la segunda disciplina en presentar un porcentaje de variación bajo.

4.2.6 AGUAS LLUVIA

Los valores pueden verse en la tabla 4.7, en la cual existen celdas vacías debido a que en el modelo 3D se pensó un cambio en las dimensiones de tuberías que en los planos tradicionales CAD 2D no consideraba, por tal motivo no se puede realizar una comparación entre ambos casos.

Los valores más representativos en variación son los rubros con códigos L1 y L9, correspondiente a tubería de 110 mm y a soporte de tubería, estos cambios se dan debido a cambios en el trayecto de la tubería, ya que en algunos casos la tubería colisionaba con una columna, muro estructural o viga.

En general existen una variación del 6.87% entre la metodología BIM y tradicional, con un valor de \$747.53 dólares americanos.

4.2.7 AGUAS SERVIDAS

Al igual que en las secciones anteriores los casos más representativos son aquellos rubros con códigos de tubería y soporte, en la tabla 4.8 se puede observar dichas variaciones. El rubro con código S7: tubería PVC 110mm incluye accesorios es el caso de mayor variación presenta, esto se da debido a los cambios de trayectoria durante el modelo 3D difieren de los planos 2D, ya que muchas de las veces se tuvieron que evadir columnas para un trazado correcto de la tubería.

En general la variación entre las dos metodologías es de 11.74% correspondiente a un valor de \$1 277.07 dólares. En resumen, los valores por ingeniería son:

Tabla 4.1

Comparación de presupuesto BIM-Tradicional, resumen

COD	DESCRIPCION	COSTO [\$]		VARIACION	
		BIM	TRADICIONAL	PORCENTAJE [%]	DINERO [\$]
E	ESTRUCTURA	2 158 321.09	2 229 545.58	3.30	71 224.49
A	ARQUITECTURA	836 731.38	689 501.44	21.35	147 229.95
EE	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	59 981.16	54 610.96	9.83	5 370.19
S	INSTALACIONES SANITARIAS	10 880.74	12 157.80	11.74	1 277.07
C	INSTALACIONES CONTRA INCENDIOS	26 900.17	26 774.25	0.47	125.92
P	AGUA POTABLE	60 870.44	61 325.37	0.75	454.94
L	INSTALACIONES AGUAS LLUVIA	10 878.61	11 626.14	6.87	747.53
		3 164 563.57	3 085 541.55	2.56	79 022.03

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

BIM vs METODOLOGIA TRADICIONAL

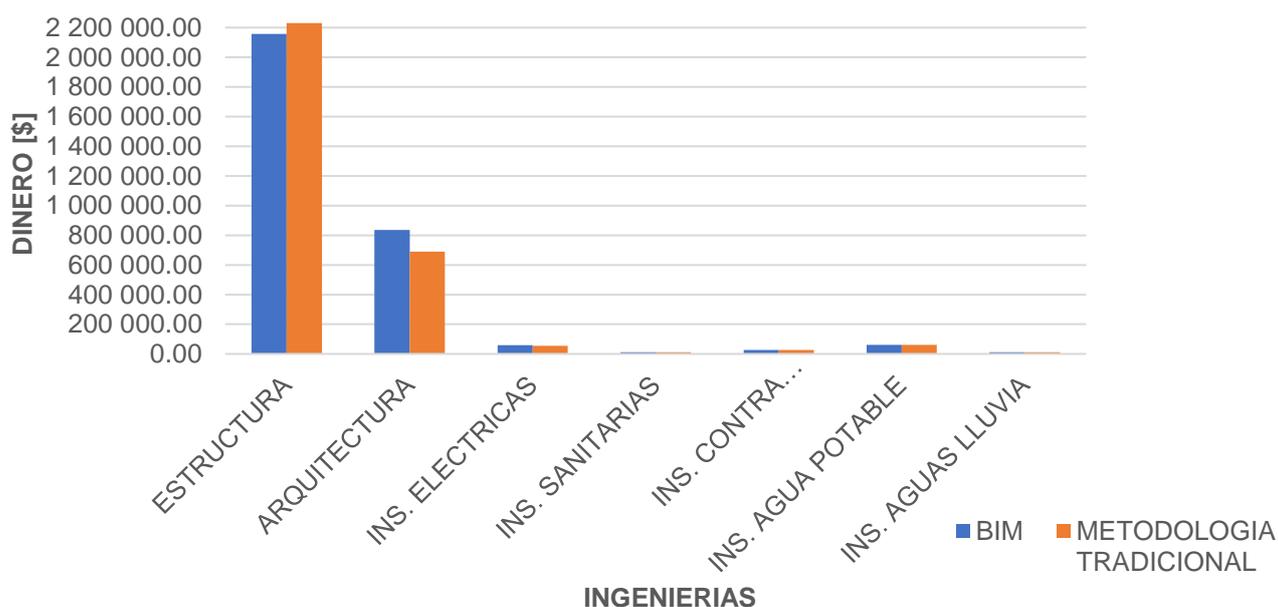


Figura 4.1. BIM vs Metodología tradición

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

En la tabla 4.1 y figura 4.1 se resumen los valores obtenidos en dólares por BIM y por la metodología tradicional con su correspondiente ingeniería. Los valores alcanzados en costo como en cantidades de obra por BIM, corresponden a un modelo de edificio ya terminado, es decir con correcciones, modificaciones y

ampliaciones necesarias para su construcción. Por otra parte, los valores conseguidos por la metodología tradicional en costo y en cantidades de obra conciernen a valores que pueden incrementar o disminuir en el transcurso de la construcción del proyecto, ya que los planos de las diferentes ingenierías no se han modificado o corregido, dichas modificaciones por lo general se realizan conforme el proyecto avanza. Por lo tanto, se puede afirmar que el costo tradicional al finalizar el proyecto llegaría a ser igual al costo BIM más un costo adicional causado por las complicaciones y retrasos para solventar los problemas que se presentan a lo largo de la construcción del proyecto.

En la figura 4.1 se puede ver los costos más representativos son la estructura y arquitectura del edificio, aunque el porcentaje de variación es tan solo del 3.30% en la estructura, se debe poner mucha más atención a la arquitectura cuyo valor de variación representa el 21.35% con \$147 229.95 dólares. En cuanto a los demás costos los valores varían en menos de \$6 000 dólares y en menores porcentajes.

Tabla 4.2

Comparación de presupuesto BIM-Tradicional, disciplina arquitectura

COD	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD		P. U	COSTO [\$]		VAR[%]
			BIM	TRAD		BIM	TRAD	BIM
ARQUITECTURA								
ALBANILERIA								
A1.1	Mampostería de bloque 10 cm, mortero 1:3, entibaje	m2	4 211.93	3 515.83	11.20	47 176.34	39 379.60	19.80
A2	Enlucido de mampostería vertical interior	m2	6 955.48	5 129.51	5.73	39 867.01	29 401.00	35.60
A3	Enlucido de mampostería vertical exterior	m2	1 441.23	951.08	6.56	9 454.53	6 239.12	51.54
REVESTIMIENTO Y ACABADO EN PISOS								
A4	Masillado y alisado de piso e=1.5m mortero 1:3	m2	8 096.06	9 988.92	5.29	42 864.65	52 886.41	23.38
A5	Masillado de losa de cubierta incluye impermeabilizante	m2	2 165.14	1 365.73	7.19	15 570.90	9 821.84	58.53
A6	Porcelanato	m2	7 691.26	6 138.41	26.65	204 935.98	163 559.88	25.30
REVESTIMIENTO Y ACABADO EN PAREDES								
A7	Empaste interior de pared	m2	6 955.48	5 129.51	2.66	18 524.18	13 661.15	35.60
A8	Empaste exterior de pared	m2	1 441.23	951.08	3.63	5 234.70	3 454.42	51.54
A9	Pintura vinílica antibacterial satinada dos manos	m2	6 955.48	5 129.51	2.88	20 053.14	14 788.72	35.60
A10	Cerámica en baños a=25 cm L=25cm e=8mm, esmaltada lisa brillante, clase A	m2	467.49	421.16	19.01	8 887.04	8 006.34	11.00
A20	Pintura acrílica elastomérica para exteriores sobre superficies lisas. Altura mayor a 8 metros	m2	1 441.23	951.08	17.55	25 288.66	16 688.21	51.54
ACABADOS								
A11	Cielo raso con tablero bihidratado de yeso para humedad liso, incluye estuco	m2	5 603.78	6 138.41	15.90	89 073.09	97 571.13	9.54
A12	Puerta de MDF. Acabado sólido, e=36mm, incluye marco metálico	m2	296.79	170.25	187.74	55 719.89	31 963.58	74.32
A13	Ventana corrediza de aluminio y vidrio templado 8mm	m2	1 890.37	1 393.55	104.67	197 861.51	145 860.26	35.65
A15	Suministro e instalación de ascensor de pasajeros; capacidad 750 Kg, velocidad 1 m/s, 2 paradas, trifásico, puertas automáticas, cabina de 1.40 m X 1.35 m	u	1.00	1.00	44 550.00	44 550.00	44 550.00	0.00
A17	Panel divisorio de acero inoxidable para baños con puerta	m2	100.24	100.24	116.42	11 669.78	11 669.78	0.00
						836 731.38	689 501.44	21.35

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Tabla 4.3

Comparación de presupuesto BIM-Tradicional, disciplina estructura

COD	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD		P. U	COSTO [\$]		VAR[%]
			BIM	TRAD		BIM	TRAD	BIM
ESTRUCTURA								
MOVIMIENTO DE TIERRAS								
E1	Replanteo y nivelación	m2	2 531.70	2 531.70	0.75	1 909.33	1 909.33	0.00
E20	Limpieza y desbroce del terreno (manual)	m2	2 531.70	2 531.70	0.80	2 037.03	2 037.03	0.00
E2	Excavación a máquina	m3	1 882.70	1 882.70	2.12	3 990.73	3 990.73	0.00
E26	Limpieza final de obra (manual)	m2	33 566.30	33 566.30	0.64	21 606.29	21 606.29	0.00
E7	Relleno compactado a máquina con material del sitio en contrapiso	m3	996.62	996.62	2.91	2 895.90	2 895.90	0.00
HORMIGÓN ARMADO								
E3	Hormigón f'c=180 kg/cm2 en replantillos incluye bomba y transporte	m3	104.28	105.29	115.44	12 037.68	12 154.27	0.97
E4	Hormigón f'c=210Kg/cm2 premezclado en vigas de cimentación con inhibidor de corrosión	m3	938.96	959.31	170.61	160 192.32	163 664.16	2.17
E5	Hormigón f'c=240Kg/cm2 premezclado en cisterna (incluye encofrado) con inhibidor de corrosión	m3	24.80	24.80	239.79	5 945.92	5 945.92	0.00
E8	Hormigón premezclado f'c= 210 kg/cm2 en contrapiso e=10cm (Inc. piedra bola 8 a 20 cm, malla 4x10x10, polietileno y encofrado)	m2	2 350.00	2 459.00	145.20	341 224.42	357 051.42	4.64
E10	Hormigón f'c=210Kg/cm2 premezclado en muros (incluye encofrado 2 lados) con inhibidor de corrosión	m3	163.75	166.37	201.14	32 937.23	33 463.73	1.60
E11	Hormigón elaborado en sitio en escaleras f'c=210 kg/cm2	m3	55.78	55.78	99.84	5 569.66	5 569.66	0.00
E15	Hormigón en loseta f'c=210 kg/cm2	m3	814.14	897.63	202.94	165 225.41	182 169.26	10.25
E16	Hormigón f'c=210Kg/cm2 premezclado en columnas (incluye encofrado) con inhibidor de corrosión	m3	45.41		182.92	8 306.38	0.00	N/C
E16.1	Hormigón f'c=210Kg/cm2 premezclado en columnas con inhibidor de corrosión	m3	185.32	137.88	150.49	27 888.21	20 748.75	34.41

* Continua en la página siguiente.

COD	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD		P. U	COSTO [\$]		VAR[%]
			BIM	TRAD		BIM	TRAD	BIM
ESTRUCTURA								
ESTRUCTURA METÁLICA								
	Acero estructural	kg	378 297.08	413 276.00	2.70	1 020 868.73	1 115 262.48	9.25
	Grout autonivelante	m3	1.00	1.00	901.21	901.21	901.21	0.00
	Acero de refuerzo en varillas corrugadas fy=4200 kg/cm2 (provisión, configuración y colocación)	kg	177 529.40	145 131.00	1.66	294 281.77	240 576.54	22.32
	Malla electrosoldada 5x10	m2	8 141.20	9 765.00	5.58	45 461.84	54 529.42	19.95
	Malla electrosoldada 5x15	m2	966.96	972.42	5.21	5 041.01	5066.33	0.56
						2 158 321.09	2 229 545.58	3.30

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Tabla 4.4

Comparación de presupuesto BIM-Tradicional, disciplina contra incendios

COD	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD		P.U	COSTO [\$]		VAR[%]
			BIM	TRAD		BIM	TRAD	BIM
INSTALACIONES CONTRA INCENDIOS								
EQUIPAMIENTO								
C1	Gabinete contra incendios tipo I	u	15.00	15.00	376.92	5 653.87	5 653.87	0.00
C2	Extintor polvo químico seco ABC 10 lbs (PQS)	u	26.00	25.00	67.07	1 743.81	1 676.74	4.00
C4	Lámpara de emergencia	u	35.00	35.00	35.55	1 244.20	1 244.20	0.00
C5	Aviso de Salida con iluminación tipo LED	u	70.00	70.00	24.33	1 703.24	1 703.24	0.00
C8	Punto de red de incendios	pto	37.00	36.00	33.00	1 221.04	1 188.04	2.78
C9	Luz estroboscópica con sirena	u	14.00	14.00	85.40	1 195.58	1 195.58	0.00
C10	Detector de humo direccionable fotoeléctrico	u	47.00	45.00	62.39	2 932.14	2 807.37	4.44
C20	Pulsante simple	u	15.00	15.00	10.23	153.51	153.51	0.00
C21	Punto para pulsante	pto	15.00	15.00	24.29	364.28	364.28	0.00
C23	Parlante con transformador de línea 70V/100V - 6W MAX	u	2.00	1.00	43.24	86.48	43.24	100.00
TUBERÍAS HN								
C11	Tubería de hierro negro C-40 d=1 1/2" soldado a tope ASTM A 53 S/C, incluye accesorios	m	134.33	190.95	14.87	1 996.98	2 838.71	42.15
C12	Tubería de hierro negro C-40 d=2 1/2" soldado a tope ASTM A 53 S/C, incluye accesorios	m	173.23	139.72	25.62	4 438.89	3 580.22	23.98
C13	Soporte de tubería tipo pera 1/2 " a 2", platina pintada	u	47.00	63.65	12.68	596.15	807.33	35.43
C14	Soporte de tubería tipo pera 2 1/2" a 6", platina pintada	u	61.00	46.57	16.72	1 019.71	778.55	30.98
PINTURA PARA TUBERÍAS								
C17	Pintura acabado esmalte, fondo anticorrosivo de tuberías 1/2" a 1 3/4"	m	134.33	190.95	3.21	430.92	612.55	42.15
C18	Pintura acabado esmalte, fondo anticorrosivo de tuberías desde 2"	m	137.87	139.72	4.03	555.52	562.98	1.34
C19	Configuración y puesta en marcha del sistema de incendios	u	1.00	1.00	1 046.69	1 046.69	1 046.69	0.00
C22	Toma siamesa 4"x2½"x2½", incluye válvula check	u	1.00	1.00	517.16	517.16	517.16	0.00
						26 900.17	26 774.25	0.47

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Tabla 4.5

Comparación de presupuesto BIM-Tradicional, disciplina eléctrica

COD	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD		P. U	COSTO [\$]		VAR[%]
			BIM	TRAD		BIM	TRAD	BIM
INSTALACIONES ELÉCTRICAS								TRAD
EE1	Barra de cobre estaño para tierra TGB	u	1.00	1.00	115.76	115.76	115.76	0.00
EE3	Tomacorriente doble con tapa	u	500.00	465.00	4.72	2 360.53	2 195.30	7.53
EE4	Lampara colgante 3 luces	u	20.00	15.00	48.92	978.46	733.85	33.33
EE5	Punto de iluminación con 6 MT, EMT 1/2" cable THHN FLEX 2X12 + 1X14 AWG)	pto	652.00	554.00	31.99	20 857.83	17 722.76	17.69
EE6	Punto de tomacorriente doble polarizado con 6mts THHN FLEX 2X12+1X14 EMT 1/2"	pto	500.00	465.00	27.22	13 607.63	12 655.10	7.53
EE7	Interruptor simple 15A,120V incluye cajetín	u	87.00	86.00	4.34	377.58	373.24	1.16
EE8	Interruptor doble 15A,120V, incluye cajetín	u	43.00	43.00	6.22	267.34	267.34	0.00
EE13	UPS bifásico 5KVA, 208/120V/60HZ	u	1.00	1.00	2 603.51	2 603.51	2 603.51	0.00
EE14	Tablero de distribución 120X80X40cm 300A	u	7.00	7.00	694.72	4 863.01	4 863.01	0.00
EE20	Luminaria de energía tipo LED	u	43.00	45.00	19.03	818.42	856.49	4.65
EE21	Luminaria blanco 18w	u	102.00	97.00	16.87	1 721.06	1 636.69	5.15
EE22	Ojo de buey	u	24.00	24.00	15.27	366.55	366.55	0.00
EE23	Plafones LED	u	403.00	373.00	27.40	11 043.46	10 221.36	8.04
						59 981.16	54 610.96	9.83

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Tabla 4.6

Comparación de presupuesto BIM-Tradicional, disciplina agua potable

COD	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD		P. U	COSTO [\$]		VAR[%]
			BIM	TRAD		BIM	TRAD	BIM
AGUA POTABLE								TRAD
EQUIPAMIENTO								
P1	Inodoro elongado BL, incluye fluxómetro 4.8/6 lt, tapa y asiento abierto en el frente	u	55.00	52.00	290.32	15 967.73	15 096.76	5.77
P2	Lavamanos para empotrar ovalado BL, 520x450x210mm, llave temporizada BR 1/2", 0.8 lt CR	u	40.00	52.00	150.27	6 010.98	7 814.28	30.00
P3	Urinario BL, 347x267x600mm sifón oculto, fluxómetro BR 6 lt CR	u	15.00	15.00	271.75	4 076.25	4 076.25	0.00
P4	Fregadero de acero inoxidable 2 pozos, incluye desagüe de canastilla, grifería, rebosadero y sifón	u	1.00	1.00	169.45	169.45	169.45	0.00
PUNTOS DE AGUA POTABLE								
P5	Tubería PVC roscable 1/2", incluye accesorios	m	186.67	166.38	3.30	616.34	549.35	12.19
P9	Tubería PVC roscable 3/4", incluye accesorios	m	111.38	101.55	3.83	426.46	388.82	9.68
P6	Tubería PVC roscable 1", incluye accesorios	m	142.05	165.00	9.99	1 418.51	1 647.69	16.16
P10	Tubería PVC roscable 1 1/4", incluye accesorios	m	139.82	226.50	9.25	1 293.62	2 095.59	61.99
P11	Tubería PVC roscable 1 1/2", incluye accesorios	m	20.70	10.00	10.81	223.72	108.08	107.00
P25	Tubería PVC roscable 2", incluye accesorios	m	7.84	6.64	13.50	105.80	89.61	18.07
P27	Tubería PVC roscable 2 1/2", incluye accesorios	m	33.65	16.80	13.13	441.69	220.52	100.30
P7	Soporte de tubería tipo pera 1/2 " a 2", platina pintada	u	249.00	165.36	12.68	3 158.30	2 097.38	50.58
P8	Soporte de tubería tipo pera 2 1/2" a 6", platina pintada	u	5.00	5.60	16.72	83.58	93.61	12.00
P26	Acometida de agua potable d=2", incluye medidor	u	1.00	1.00	709.44	709.44	709.44	0.00
VÁLVULA DE COMPUERTA AGUA FRÍA								
P13	Válvula de compuerta roscada d= 3/4" BR	u	4.00	4.00	17.57	70.29	70.29	0.00
P14	Válvula de compuerta roscada d=1" BR	u	10.00	10.00	24.52	245.16	245.16	0.00

* Continúa en la página siguiente.

COD	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD		P. U	COSTO [\$]		VAR[%]
			BIM	TRAD		BIM	TRAD	BIM
AGUA POTABLE								TRAD
VÁLVULA CHECK								
P19	Válvula check roscada BR d=1/2"	u	2.00	2.00	18.97	37.94	37.94	0.00
P21	Válvula check roscada BR d=1"	u	3.00	3.00	28.72	86.17	86.17	0.00
P22	Válvula check roscada BR d=2"	u	1.00	1.00	85.67	85.67	85.67	0.00
P23	Válvula check roscada BR d=2 1/2"	u	2.00	2.00	108.97	217.93	217.93	0.00
P24	Sistema de presión constante 3 bombas centrífugas horizontales 10HP 3F, incluye accesorios en acero negro bridados	u	1.00	1.00	25 425.38	25 425.38	25 425.38	0.00
						60 870.44	61 325.37	0.75

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Tabla 4.7

Comparación de presupuesto BIM-Tradicional, disciplina aguas lluvia

COD	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD		P.U	COSTO [\$]		VAR[%]
			BIM	TRAD		BIM	TRAD	BIM
INSTALACIONES AGUAS LLUVIA								
TUBERÍAS AGUAS LLUVIA								
L1	Tubería de PVC tipo "B" 110mm, incluye accesorios	m	557.75	667.03	5.32	2 968.83	3 550.51	19.59
L2	Tubería de PVC tipo "B" 160mm, incluye accesorios	m	38.02	0.00	8.12	308.69	0.00	
L3	Tubería de PVC tipo "B" 200mm, incluye accesorios	m	57.43	0.00	14.33	823.01	0.00	
SUMIDERO DE TERRAZA								
L8	Sumidero de cubierta de 110mm incluye rejilla cúpula AL	pto	44.00	46.00	44.10	1 940.56	2 028.77	4.55
L8.1	Sumidero en parqueadero 110mm incluye rejilla	pto	12.00	12.00	21.09	253.06	253.06	0.00
SOPORTE PARA TUBERÍAS								
L9	Soporte de tubería tipo pera 2 ½" a 6", platina pintada	u	150.00	222.34	16.72	2 507.49	3 716.83	48.23
VALVULAS, CAJAS Y POZOS DE REVISIÓN								
L10	Caja de revisión 60x60x60 cm (incluye relleno con ripio e = 20cm y tapa de hormigón con cerco metálico)	u	20.00	20.00	103.85	2 076.98	2 076.98	0.00
						10 878.61	11 626.14	6.87

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

Tabla 4.8

Comparación de presupuesto BIM-Tradicional, disciplina aguas servidas

COD	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD		P. U	COSTO [\$]		VAR[%]
			BIM	TRAD		BIM	TRAD	BIM
INSTALACIONES SANITARIAS								
PUNTOS SANITARIOS								
S3	Sumidero de piso 50mm incluye rejilla T-75X50mm AL	pto	14.00	16.00	17.50	245.04	280.05	14.29
TUBERIA DE AGUAS SERVIDAS								
S5	Tubería de PVC tipo "B" 50mm, incluye accesorios	m	109.45	131.50	4.20	460.19	552.90	20.15
S6	Tubería de PVC tipo "B" 75mm, incluye accesorios	m	354.03	375.90	7.82	2 766.97	2 937.90	6.18
S7	Tubería de PVC tipo "B" 110mm, incluye accesorios	m	158.56	205.80	8.65	1 371.58	1 780.21	29.79
S8	Tubería de PVC tipo "B" 160mm, incluye accesorios	m	167.34	158.60	16.84	2 817.85	2 670.68	5.51
S11	Soporte de tubería tipo pera ½ " a 2", platina pintada	u	38.00	43.83	12.67	481.59	555.52	15.35
S12	Soporte de tubería tipo pera 2 ½" a 6", platina pintada	u	83.00	121.47	16.72	1 387.48	2 030.51	46.35
Válvulas, Cajas y pozos de revisión								
S13	Caja de revisión H.S. f'c=210 kg/cm2 de 0.60x0.60, e=0.10m, h=0.50 – 1.50m, tapa H.A		13.00	13.00	103.85	1 350.04	1 350.04	0.00
						10 880.74	12 157.80	11.74

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

4.3 BIM vs METODOLOGIA TRADICIONAL

Tabla 4.9

Cuadro comparativo

	Ventajas	Desventajas
BIM	Permite una visión del proyecto de construcción más amplia, de corto plazo a largo plazo	Se debe utilizar programas informáticos 100% compatibles entre sí para evitar pérdida de información
	Reducción de actividades repetitivas	Puesta en marcha puede generar costos adicionales a la compañía
	Mejor estimación del tiempo y costo de ejecución de obra, permitiendo el cumplimiento de plazos establecidos	Necesita capacitación inicial para el personal involucrado
	Aplicable en pequeña escala y a gran escala en proyectos de obra civil, edificación, rehabilitación, cambios de uso, restauración de edificios patrimoniales, mantenimiento, etcétera	Adquisición de tecnología y requerimientos de computacionales de alto nivel, en memoria RAM, disco duro, tarjeta madre y tarjeta de video
	Se puede acceder a la base de datos única del proyecto en cualquier instante	El salto a la integración digital no será total, llevará tiempo la implementación en empresas y personas
	Los usuarios pueden compartir información (modelos 3D) en tiempo real durante todo el ciclo de vida del proyecto, interoperabilidad	
	Permite una mejor coordinación de la documentación generada durante las fases del proyecto, obteniendo una documentación fiable y coherente	
	Se puede estandarizar procesos	
	Generación bajo de papel, ya que la mayoría de la documentación es digital	
	Se puede realizar análisis de energético del edificio	
Metodología tradicional	Las compañías ya tienen desarrollado su proceso de trabajo propio	Generación alta de papel
	Aplicable en proyectos de obra de pequeña y mediana escala	Actividades repetitivas y no reutilizables debido al cambio de diseños
	Personal ya está capacitado desde la universidad	Estimación del tiempo y costo de ejecución de obra menos exacto
	Programas informáticos básicos: hojas electrónicas, programas CAD	En proyectos de obra de gran escala, puede generar problemas
		Inexistencia de una única base de datos, cada ingeniería usa su base de datos independiente
		No se puede compartir información en tiempo real
		Diferencias en cantidades de obra y costo entre lo planificado y ejecutado
		Conflictos entre ingenierías, errores cronológicos y espaciales
	Documentación de baja fidelidad y coherencia; inconsistencia entre diseño-dibujo-memoria técnica	

Fuente: Andrade, 2020

Elaboración: Andrade, 2020

4.4 LIMITACIONES

Como se describió anteriormente en el capítulo dos, BIM tiene algún tiempo en funcionamiento en algunos países desarrollados, en los cuales ya se han establecido protocolos para su implementación tanto en el sector privado como en el público. Sin embargo, en gran parte de latino américa su aplicación no está regulada y su difusión no causa impacto, ya que al no existir entes promotores y reguladores de uso del BIM, su uso es opcional; para quienes quieran estar a la vanguardia.

El salto a lo digital total en empresas privadas y públicas tomará tiempo, que dependerá del interés de los usuarios o su obligatoriedad para ejecutar BIM en los proyectos de construcción.

Para poder implementar exitosamente BIM, privada o públicamente, se requerirá capacitaciones y actualizaciones en el aprendizaje para el personal técnico, esto conllevan ciertos gastos administrativos, y no todas las empresas están en posición de costearlo. Adicionalmente la oferta de capacitaciones en BIM es baja y costosa, y en su mayoría integran módulos de aprendizaje que no pasan de los básico, ya que lo ideal sería ofrecer cursos completos desde cero y continuos, con diferentes especializaciones para una correcta implementación del BIM.

Otro factor importante es el requerimiento computacional y de intercambios de datos. El primero, necesita computadores lo suficientemente potentes que puedan ejecutar los diferentes programas para realizar BIM, estos computadores pueden exigir un gasto a la compañía al tener que actualizar o comprar ordenadores con ciertos requerimientos, para implementar BIM. Por otro lado, el intercambio de datos debe ser fluido, registrado, controlado y seguido, eso quiere decir que todos los involucrados en el proceso de diseño, construcción, mantenimiento y demás, deben tener acceso remota o localmente a la información, este proceso es vital para un correcto BIM.

Para ejecutar BIM no es mandatorio el uso exclusivo de programas que sigan la línea de una sola casa comercial, se puede usar distintos programas, aunque lo remendado es usar programas de una sola casa comercial, pero si no es posible estos deben cumplir con los requerimientos de evitar la pérdida de información, es

decir tener una compatibilidad al 100% entre programas. Como se mencionó anteriormente los archivos IFC y COBie permiten ser ejecutados en diferentes programas y disminuyen la pérdida de información. Por ejemplo: se puede modelar la arquitectura 3D de un edificio usando Revit de Autodesk y realizar un análisis estructural usando Etabs de CSI, con los datos que arrojan los modelos anteriores se puede presupuestar en Arquímedes de CYPE.

La existencia de programas antiguos muy buenos que no permiten el intercambio de información con extensiones IFC o COBie, a la larga quedaran en desuso, obligando a sus usuarios a buscar actualizaciones o un remplazo que pueda intercambiar información y hacer BIM, por lo que se puede hablar de una extinción a futuro de algunos programas y métodos.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La aplicación del BIM a un proyecto de edificación permite la unificación de la arquitectura, ingenierías y otras profesiones involucradas en la construcción en una sola base de datos, de esta manera se reduce los errores de coordinación e información asumida por los diseñadores.

El uso de programas para la modelación 3D en proyectos permiten mejores visualizaciones de los elementos, con ello se puede detectar errores en el durante la fase de diseño y corregirlos sin generar posibles costes adicionales por modificaciones durante la construcción de la obra.

La supervisión de cada área técnica encargada para la construcción del proyecto es importante al establecer niveles de calidad para la presentación del modelo e incorporación del mismo con otros modelos de diferentes disciplinas, esta inversión de esfuerzo y tiempo en la etapa de diseño evita la acumulación de errores u omisiones que se dan durante la modelación.

La modelación 3D de un edificio permite saber con exactitud la ubicación, cantidad y propiedades de todos los elementos estructurales, no estructurales y decorativos a usarse en el proyecto, esta información enriquece el modelo y facilita la realización de la documentación de cada ingeniería.

La generación de planos a partir de un modelo 3D permite exportar vistas en planta, laterales, fachada y presentaciones de una manera más fácil y rápida, evitando inconsistencias entre vistas.

La automatización proporcionada por BIM para cuantificar elementos del modelo permite la generación inmediata de tablas de cantidades de obra, gracias a esto se reduce considerablemente el tiempo en dicho cálculo, dejando más tiempo para el profesional e invertirlo en el diseño u otras propuestas de diseño.

Aunque la variación de cantidades de obra para ciertos rubros varía ligeramente en ambas metodologías, no compensa el tiempo invertido en el cálculo de cantidades de obra de manera tradicional, ya que BIM calcula inmediatamente, con mayor exactitud y sin asumir suposiciones que pueden ser erradas al no disponer de la información en la documentación.

La variación en cantidades obra entre ambas metodologías repercute directamente en los presupuestos, y si la propuesta de costo varía demasiado, como en otros casos, esos valores deben ser asumidos por el contratista o crear un contrato complementario que permita cumplir al contratista la obra y no tenga pérdidas económicas.

Un punto en común para ambas metodologías son los rubros que contienen unidad [u] como sistema de medida, debido a que no existe variación de cantidades ya que no hubo necesidad de aumentar o disminuir, para este caso la modelación 3D coincide en cantidad con planos 2D.

La variación en aumento más notable está en la cantidad de bloques y tubería se da por modificaciones realizadas en el modelo 3D para evitar errores a futuro en la construcción, por lo tanto, existirá un aumento en el presupuesto BIM al contrastarlo con el presupuesto tradicional.

La vinculación entre los diferentes programas para hacer BIM 5D, requiere de compatibilidad y debe ser verificada para que permita el flujo de datos de los precios unitarios con las cantidades de obra.

Sin embargo, se ha podido constatar que las modificaciones realizadas en el modelo 3D son del 2.56% con un valor de \$79 022.03, correspondiente a la edificación con la mayoría de diseños corregidos para su ejecución, a partir de este valor, los valores causados por modificaciones serían menores al compararlo con la metodología tradicional.

Un punto a favor es que la integración del modelo 3D con la planificación 4D y costo 5D permitiendo la simulación en costo-tiempo, en el cual se puede apreciar la inversión conforme avanza la obra, de esta manera se puede modificar, corregir o quitar elementos para cumplir con un presupuesto fijo, adicionalmente al agregar variables de inversión o escenarios se puede establecer un flujo del efectivo más eficiente durante la construcción.

Los procesos de modelado 3D deben ser realizados con un cuidado riguroso, ya que puede pasar que un elemento este modelado dos veces causando una duplicación en cantidades de obra o caso contrario no esté modelado lo que causaría una ausencia en las tablas de dicho elemento; sino se modela no se cuantifica.

Se puede hacer un seguimiento a la cantidad de materiales usados, estos materiales pueden acercarse a un presupuesto y se puede ver otras opciones para cumplirlo como reducir dicho elemento o cambiarlo por otro más económico, dichos cambios se pueden realizar de forma rápida, así como una evaluación económica de la afectación de estos cambios en el presupuesto.

La facilidad y rapidez que permite BIM al cuantificar fue notable, al reducir el tiempo invertido en calcular materiales, sin embargo, el modelador debe tener claro los datos necesarios a extraer del modelo, filtrarlos e incorporarlos en cantidades de obra con unidades conocidas que luego se convertirá en un rubro.

La generación del presupuesto en BIM tiende a ser más específico, pero se debe invertir tiempo para su realización ya que la planeación y presupuestación van de la mano para realizar la simulación, sin embargo, una correcta automatización del proceso permitiría la disminución del tiempo invertido creando presupuestos de manera instantánea al solo agregar, quitar o modificar elementos en el modelo 3D.

La simulación costo-tiempo, permite identificar si los tiempos para colocación de elementos es el adecuado, caso contrario se puede cambiar el tiempo de ejecución para construir de una manera ordenada.

Al integrar distintos modelos correspondientes a diferentes disciplinas, se debe tener un manual de procesos y criterios BIM, para identificar los elementos con un solo nombre evitando el cambio de nombre a un mismo elemento de un modelo a otro, lo que ocasionaría confusión y rubros adicionales pero similares causando una demora en el trabajo.

Existen rubros cuya unidad de medición es el punto, dicha unidad no existe nativamente en un entorno BIM, por lo que para poder contabilizarla y presupuestarla se debe utilizar otro método, caso contrario dichas cantidades deberán contabilizarse de forma manual.

Calcular cantidades de obra y elaborar un presupuesto con BIM puede ser algo confuso para usuarios primerizos, sin embargo, extraer datos de cantidades de obras del modelo es sencillo, la vinculación de las cantidades de obra con los datos de análisis de precios unitarios puede hacerse tradicionalmente o con programas especializados, aunque dichos programas permiten un ahorro considerable de tiempo y esfuerzo se debe considerar siempre la compatibilidad entre programas.

El proceso de la primera modelación 3D lleva tiempo y dedicación, pero es compensado con el descubrimiento de errores en el diseño que en 2D no se verían fácilmente, los siguientes modelos de las demás ingenierías son basados en el primer modelo por ello se realizan más rápido y con mayor precisión que la metodología tradicional.

La cantidad de modelos necesarios para el proyecto no repercute en la coordinación, es más permite una unificación de los modelos en uno solo, gracias esto se puede ver las falencias en diseños.

BIM no está exento de errores, ya que estos pueden ser errores humanos, del programa, de coordinación o documentación, por ello es necesario un seguimiento y supervisión continua de cada modelo.

5.2 RECOMENDACIONES

Al implementar equipos de trabajo de varias especialidades para la modelación 3D, se debe dar importancia a la definición de roles y responsabilidades asignado a cada grupo de trabajo, para corregir, compartir, modificar y añadir información al modelo de manera ordenada llevando siempre un registro de los datos modificados o correcciones realizadas al modelo; que deben detallarse, seguirse, guardarse e informarse adecuada y oportunamente.

El modelo de cada grupo de trabajo debe guardarse. El modelo principal apto para la coordinación en la nube con acceso a todos los participantes, una copia en el disco duro personal junto con las varias versiones del modelo desarrollado anteriormente.

Durante la modelación puede existir duplicación de elementos causados por descuidos de modelador, este acto es avisado por el programa, por lo que se debe leer detenidamente los avisos del programa y no ignorarlo, porque puede causar un conteo doble de elementos afectando en aumento a las cantidades de obra y presupuesto también.

La necesidad de implementar cursos de actualización para los profesionales que deseen aplicar BIM no es satisfecha en parte, ya que los cursos ofertados no proponen una continuidad académica para implementar todas las fases del BIM, sino que la mayoría de cursos ofertados se enfocan en cursos básicos para principiantes sin llegar a cursos medios y avanzados, por ello quienes se dediquen a la enseñanza del BIM deben tener en cuenta una continuidad en los cursos ofertados así como una adecuada asequibilidad.

Tanto los colegios de ingenieros y arquitectos, así como las cámaras vinculadas a la construcción deben empezar a promulgar BIM entre sus profesionales e iniciar la creación un capítulo o normativa BIM para Ecuador, este sería un primer y gran paso para la implementación de la tecnología BIM en Ecuador.

BIM para el gobierno puede ser un aliado estratégico para combatir la corrupción en el campo de la construcción, al establecer menos errores en diseño, mayor exactitud en cantidades de obra y presupuesto, pero primero su uso se debe normar y comunicar a los profesionales.

La creación de familias o elementos creados por parte de los fabricantes debe motivarse a otros más, para tener familias propias que representen materiales nativos como cerámica, baños, pintura y todo lo relacionado para la construcción disponibles en Ecuador incorporarlos dentro del modelo 3D en un proyecto de construcción.

Es vital incentivar la aplicación de nuevas tecnologías en la construcción, que permita un desarrollo más técnico y amigable con el ambiente, al cuidar los recursos limitados disponibles, por lo que se propone para futuros estudios es:

- Realizar un análisis energético BIM 6D del edificio de Arquitectura de la UNACH.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento programado o su posible demolición BIM 7D del edificio de Arquitectura de la UNACH.

- Aplicación de LEAN al edificio de Arquitectura de la UNACH vs BIM.
- Aplicar Lean Construction+Last Planner System+Building Information Modeling al edificio de Arquitectura de la UNACH.

REFERENCIAS

- Acuña, F. X. (2016). *Aplicación de modelo BIM para proyectos de infraestructura vial*. Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/13466>
- Autodesk Inc. (2018). *Autodesk*. Obtenido de <https://www.autodesk.com/products/revit/features>
- Bentley System. (2019). *Bentley*. Obtenido de <https://www.bentley.com>
- BIMCommunity. (04 de abril de 2016). *BIMCommunity*. Obtenido de https://www.bimcommunity.com/news/load/126/the-uk-is-already-bim-territory/view_original
- Caparó, M. M. (2016). *Aplicación de la tecnología BIM a la gestión integral en la elaboración de proyectos de construcción de edificaciones, caso: Edificio Huertas*. Tesis de grado, Universidad Católica Santa María, Arequipa. Obtenido de <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/116048>
- Choclán, F., Moreno, D., Sánchez, H., Fuentes, B., Collado, C., López, A., . . . García, A. (2017). *Definición de roles en procesos BIM*. esBIM. Recuperado el 25 de 11 de 2019, de <https://www.esbim.es/acceso-restringido/>
- Choclán, F., Soler, M., & Gonzáles, R. (2014). Introducción a la metodología BIM. *Spanish Journal of Building Information Modeling*(14), 4-10.
- Eastman, C. (1975). *The use of computers instead of drawings in building design* (Vol. 63). AIA Journal.
- Eastman, C., Sacks, R., Liston, K., & Teicholz, P. (2011). *BIM Handbook- A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons, Inc.
- Encalada, S. L. (2016). *Aplicación de la tecnología BIM en la gestión de la construcción y análisis de los beneficios del modelamiento 4D-5D (Tiempo-Costo) en un edificio de 9 pisos en la ciudad de Arequipa*. Tesis, Universidad Católica Santa María, Arequipa. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/54222752.pdf>
- Ferrer, J., Ruiz, F., & Chavez, M. (2014). *Taller de Arquitectura*. Riobamba: UNACH.
- García, M. (29 de 11 de 2019). *Editeca*. Obtenido de <https://editeca.com/dimensiones-bim-alcance-del-programa/>

- Gosalves, J., Murad, M., Cerdán, A., Fuentes, B., Hayas, R., López, J., & Zuñeda, P. (2016). *BIM en 8 puntos. Todo lo que necesitas conocer sobre BIM*. Obtenido de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/01/Documento_difusion_BIM.pdf.
- Grupo Sika. (26 de Noviembre de 2015). *Grupo Sika*. Obtenido de https://ecu.sika.com/content/ecuador/main/es/solutions_products/document-download/bim.html
- Kivits, R., & Furneaux, C. (2013). *BIM: Enabling Sustainability and Asset Management through*. The Scientific Worl Journal.
- López, J. (2015). *Proyecto electrico Edificio Carrera de Arquitectura UNACH*. Riobamba: Solucionar.
- Martin-Dorta, N., Gonzales de Chaves-Assef, P., & Roldán Mendez, M. (2014). Building Information Modeling (BIM): una oportunidad para transformar la industria de la construcción. *14*, 12-18.
- Maya, L. F. (2018). *Análisis de la viabilidad para la implementación de metodologías y procesos Building Informatio Modeling en proyectos de ingeniería y construcción en el Ecuador*. Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19294>
- Muñoz, S., Cerdán, A., González, J., Mora, A., Rodríguez, M., Bouzas, M., . . . Sánchez, D. (2014). Documento 4. Diseño de Instalaciones MEP. En *Guía de usuarios BIM* (Vol. 4).
- Muñoz, S., Cerdán, A., González, J., Mora, A., Rodríguez, M., Broquetas, M., . . . Sánchez, D. (2014). Docuemento 3. Diseño Arquitectónico. En *Guía de usuarios BIM* (Vol. 3).
- Muñoz, S., Cerdán, A., Mora, A., Rodríguez, M., Bouzas, M., Broquetas, M., . . . Sánchez, D. (2014). Documento 5. Diseño estructural. En *Guía de usuarios BIM* (Vol. 5).
- Nemetscheck Company. (2019). *Allplan a Nemetscheck Company*. Obtenido de <https://www.allplan.com>
- Nemetscheck Company. (2019). *Graphisoft a Nemetscheck Company*. Obtenido de <https://www.graphisoft.com/>
- Nemetscheck Company. (2019). *Vectorworks a Nemetscheck*. Obtenido de <https://www.vectorworks.net/company/history>
- Nieto, M. D. (2016). *Manejo del software Revit y su incidencia en el modelado de información para la construcción de edificaciones en la ciudad de Ambato, provincia de de Tungurahua*. Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24786?mode=full>
- Planbim. (2019). *Planbim*. Obtenido de <https://planbim.cl/que-es-planbim/>

- Plastigama Wavin. (30 de Julio de 2019). *Plastigama Wavin*. Obtenido de <http://plastigamawavin.com/bim-building-information-modeling/>
- Porras, H., Sánchez, O. G., Galvis, J. A., Jaimez, N. A., & Castañeda, K. M. (2015). Tecnologías "Building Information Modeling" en la elaboración de presupuestos de construcción de estructuras en concreto reforzado. *I(I)*, 230-249. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2015v11n1.21116>
- Ramírez, A. (2018 de diciembre de 2018). *e-zigurat*. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.e-zigurat.com/blog/es/bim-obligatorio-espana-licitaciones-publicas-edificacion/>
- Revista Gestión. (01 de Agosto de 2019). *Revista Gestion*. Obtenido de <https://revistagestion.ec/empresas/mexichem-lanza-proyecto-librerias-bim-plastigama>
- Revista Inhaus. (13 de 12 de 2018). El BIM llega al Ecuador de la mano de SEMAICA. *Revista Inhaus*, 8-21.
- Seng, E. L., Wah, E. L., & Poh, E. L. (2013). *Singapore BIM Guide* (Vol. 2). (R. Andrade, Trad.) Singapur. Recuperado el 25 de 11 de 2019, de www.bca.gov.sg
- Silva, M. (2015). *Estudios especiales red contra incendios*. Quito.
- Silva, M. (2015). *Red agua potable*. Quito.
- Sutherland, I. E. (1963). *Sketchpad, a man-machine graphical communication system*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Vintimilla, J. (2015). *Proyecto "Edificio de Arquitectura"*. Quito: JVJ Construcciones.
- Virtual Building Studio. (29 de marzo de 2020). *Virtual Building Studio*. Obtenido de <https://www.virtualbuildingstudio.com/bim-services>

ANEXO I

Planos arquitectónicos

El contenido de la información del anexo se encuentra de manera digital en un CD.

ANEXO II

Planos estructurales

El contenido de la información del anexo se encuentra de manera digital en un CD.

ANEXO III

Planos contra incendios

El contenido de la información del anexo se encuentra de manera digital en un CD.

ANEXO IV
Planos eléctricos

El contenido de la información del anexo se encuentra de manera digital en un CD.

ANEXO V

Planos agua potable

El contenido de la información del anexo se encuentra de manera digital en un CD.

ANEXO VI
Planos sanitarios

El contenido de la información del anexo se encuentra de manera digital en un CD.

ANEXO VII

Planificación

El contenido de la información del anexo se encuentra de manera digital en un CD.

ANEXO VIII

Análisis de precios unitarios

El contenido de la información del anexo se encuentra de manera digital en un CD.